202317822

(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 202317822 A

(43)公開日： 中華民國 112 (2023) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：111132217 (22)申請日： 中華民國 111 (2022) 年 08 月 26 日

(51)Int. Cl.： *C30B29/38 (2006.01)* *C30B29/06 (2006.01)*
H01L21/318 (2006.01) *H01L21/20 (2006.01)*
H01L21/205 (2006.01)

(30)優先權：2021/09/21 日本 2021-152843

(71)申請人：日商信越半導體股份有限公司 (日本) SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：久保埜一平 KUBONO, IPPEI (JP) ；萩本和德 HAGIMOTO, KAZUNORI (JP)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：13 共 38 頁

(54)名稱

氮化物半導體基板及其製造方法

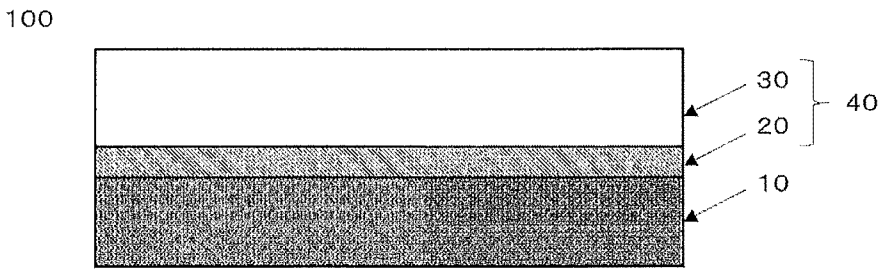
(57)摘要

一種氮化物半導體基板，其特徵在於，具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，前述氮化物半導體薄膜包含被形成於前述成長用基板上的 AlN 層、與被形成於該 AlN 層上的氮化物半導體層，且前述 AlN 層中的平均 Y(釔)濃度為 1E15atoms/cm ^{3} 以上且 5E19atoms/cm ^{3} 以下。藉此，可提供一種氮化物半導體基板及其製造方法，該氮化物半導體基板能夠改善 AlN 層的表面形態並抑制氮化物半導體磊晶晶圓表面的坑洞的產生。

無

指定代表圖：

第1圖



符號簡單說明：

10:成長用基板

20:AlN 層

30:氮化物半導體層

40:氮化物半導體薄膜

100:氮化物半導體基板

【發明摘要】

【中文發明名稱】氮化物半導體基板及其製造方法

【英文發明名稱】無

【中文】一種氮化物半導體基板，其特徵在於，具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，前述氮化物半導體薄膜包含被形成於前述成長用基板上的AlN層、與被形成於該AlN層上的氮化物半導體層，且前述AlN層中的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。藉此，可提供一種氮化物半導體基板及其製造方法，該氮化物半導體基板能夠改善AlN層的表面形態並抑制氮化物半導體磊晶晶圓表面的坑洞的產生。

【英文】無

【指定代表圖】第 1 圖

【代表圖之符號簡單說明】

10：成長用基板

20：AlN層

30：氮化物半導體層

40：氮化物半導體薄膜

100：氮化物半導體基板

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】氮化物半導體基板及其製造方法

【英文發明名稱】無

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種氮化物半導體基板及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 半導體薄膜製造方法之一的MOCVD法，在大口徑化和量產性方面優異，能夠將均質的薄膜結晶進行成膜，因此被廣泛地使用。此外，由GaN所代表的氮化物半導體被期待作為次世代半導體材料，其可突破Si作為材料的限制。

【0003】 因為GaN為飽和電子速率大這樣的特性而能夠製作能夠高頻操作的裝置，此外也因為絕緣崩潰電場大，所以能夠在高輸出下進行操作。此外，也可期待輕量化和小型化、低電力消耗化。近年來，由於5G等所代表的通訊速度的高速化、和伴隨其的高輸出化的要求，高頻且能夠在高輸出下操作的GaN HEMT受到矚目。

【0004】 作為用以用來製作GaN裝置的GaN磊晶晶圓的基板，Si基板最為價廉且在大口徑化方面有利。此外，專

利文獻1等也揭示了一種GaN磊晶成長用的大口徑基板(以下，GaN用支撐基板)，其為大口徑且與GaN的熱膨脹係數相近。該GaN用支撐基板，由支稱結構、被積層於該支撐結構的其中一面的平坦化層、及被積層於該平坦化層的單晶矽層所構成，該支撐結構包含多晶陶瓷芯、第一黏著層、導電層、第二黏著層及阻障層。

【0005】 藉由使用該GaN用支撐基板，能夠製作一種GaN磊晶基板，其為大口徑且磊晶層的厚度較厚，並且不會產生裂縫。此外，由於與GaN的熱膨脹係數差極小，在GaN成長時或冷卻時不易產生翹曲，因此，不僅能夠將成膜後的基板的翹曲控制得較小，還不需在磊晶層中設置複雜的應力緩和層，因此磊晶成膜時間會變短，能夠大幅地降低磊晶成長的成本。進一步，GaN用支撐基板大部分為陶瓷，因此基板本身非常硬，不僅不易發生塑性變形，還不會發生無法以口徑大的GaN/Si來解決的晶圓破裂。

【0006】 但是，即便針對Si基板或針對GaN成長用支撐基板，在由GaN所代表的這樣的III族氮化物半導體的成膜中，磊晶晶圓表面的坑洞的產生屢屢造成問題。成膜於Si基板或GaN成長用支撐基板正上方的AlN的表面形態較差被列舉為造成這種情況的原因之一。若在磊晶晶圓的表面產生坑洞，會造成裝置操作所需的載體受到缺損，因此會產生致命缺陷並且產率會降低。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

【0007】　專利文獻1：日本特表2020-505767。

【發明內容】

【0008】　[發明所欲解決的問題]

本發明是為了解決上述問題而成者，其目的在於提供一種氮化物半導體基板及其製造方法，該氮化物半導體基板能夠改善AlN層的表面形態並抑制氮化物半導體磊晶晶圓表面的坑洞的產生。

[解決問題的技術手段]

【0009】　為了解決上述問題，本發明提供一種氮化物半導體基板，其具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，

前述氮化物半導體薄膜包含被形成於前述成長用基板上的AlN層、與被形成於該AlN層上的氮化物半導體層，

且前述AlN層中的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0010】　只要將AlN層中的平均Y濃度設在該範圍內，AlN層的表面形態不會惡化，因而能夠作成抑制了表面的坑洞的發生的氮化物半導體基板。

【0011】　此外，較佳是：前述AlN層的厚度為50～150 nm且前述氮化物半導體薄膜中的自前述成長用基板正上方起往薄膜成長方向300 nm為止的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0012】 只要如此，在氮化物半導體薄膜中，AlN層會充分地被含釓區域覆蓋，因此能更確實地形成表面形態良好的AlN層，並能夠抑制氮化物半導體薄膜表面的坑洞的產生。

【0013】 此外，較佳是：前述氮化物半導體層是由GaN、AlN及AlGaN中的一種以上所構成。

【0014】 本發明中，能夠在AlN層之上設置這樣的氮化物半導體層。

【0015】 此外，較佳是：前述成長用基板在複數層所積層而成的複合基板上形成有單晶矽層，

且在前述單晶矽層上成膜有前述氮化物半導體薄膜。

【0016】 只要是這樣的成長用基板，能夠製作出一種氮化物半導體磊晶成長基板，其為大口徑且磊晶層較厚，並且不會產生裂縫。此外，由於與氮化物半導體的熱膨脹係數差較小，因此在氮化物半導體成長時或冷卻時不易產生翹曲，所以能夠將成膜後的基板的翹曲控制得較小。

【0017】 此時，較佳是：前述單晶矽層具有100～150nm的厚度。

【0018】 單晶矽層能夠設為這樣的厚度。

【0019】 此外，較佳是：前述複合基板包含多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的第二黏著層及被積層於整個該第二黏著層的阻障層，

且前述單晶矽層被形成於平坦化層之上，該平坦化層被積層於前述複合基板的僅其中一面。

【0020】 只要是這樣的構成，成長用基板的大部分為陶瓷，因此基板本身非常硬，不僅不易發生塑性變形，還不會發生無法以矽基板來解決的晶圓破裂。

【0021】 此外，前述複合基板在前述第一黏著層與前述第二黏著層之間可具有被積層於整個前述第一黏著層的導電層。

【0022】 能夠依據需要對複合基板賦予導電性。

【0023】 此外，可以是下述形態：前述複合基板包含多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的阻障層、被積層於該阻障層的背面的第二黏著層及被積層於該第二黏著層的背面的導電層，

且前述單晶矽層被形成於平坦化層之上，該平坦化層被積層於前述複合基板的前述阻障層的正面。

【0024】 只要是使用了這樣的成長用基板之氮化物半導體基板，不會產生由於成長用基板的正面側導電層所造成的漏洩路徑，而能夠作成高頻特性優異者。

【0025】 此外，可以是下述形態：前述複合基板包含多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於該第一黏著層的背面的導電層、被積層於該導電層的背面的第二黏著層及阻障層，該阻障層被積層於前述第一

黏著層的正面及側面、前述導電層的側面以及前述第二黏著層的側面及背面，

且前述單晶矽層被形成於平坦化層之上，該平坦化層被積層於前述複合基板的前述阻障層的正面。

【0026】 只要是使用了這樣的成長用基板之氮化物半導體基板，不會產生由於成長用基板的正面側導電層所造成的漏洩路徑，而能夠作成高頻特性優異者。

【0027】 此時，較佳是：前述導電層包含多晶矽層。

【0028】 此外，較佳是：前述導電層具有100～150 nm的厚度。

【0029】 導電層能夠作成這樣的層。

【0030】 此時，較佳是：前述多晶陶瓷芯包含氮化鋁。

【0031】 只要是設為這樣的複合基板，能夠使與氮化物半導體的熱膨脹係數差變得極小。

【0032】 此外，較佳是：前述第一黏著層及前述第二黏著層包含四乙酸矽氧烷(TEOS，tetraethyl orthosilicate)層或氧化矽(SiO_2)層，並且前述阻障層包含氮化矽。

【0033】 此外，較佳是：前述第一黏著層及前述第二黏著層具有50～200 nm的厚度，並且前述阻障層具有100～350 nm的厚度。

【0034】 前述第一黏著層及第二黏著層、以及阻障層的厚度能夠設為這樣厚度的層。

【0035】 此外，較佳是：前述平坦化層包含四乙酸矽氧烷(TEOS)或氧化矽(SiO_2)，且具有500～3000 nm的厚度。

【0036】 平坦化層能夠設為這樣的層。

【0037】 此外，本發明提供一種氮化物半導體基板的製造方法，該氮化物半導體基板具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，

該製造方法包含下述步驟：

步驟(1)，其準備含有Y(釔)之前述成長用基板；及，

步驟(2)，其使AlN層磊晶成長於前述成長用基板上，進而使氮化物半導體層磊晶成長於前述AlN層上，藉此將前述氮化物半導體薄膜進行成膜；

且前述步驟(2)中，使前述成長用基板中的Y擴散，來將前述AlN層中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

【0038】 只要如此地使成長用基板中含有特定量的Y(釔)，即能夠較簡易地在AlN層中使特定濃度的Y擴散。

【0039】 此外，較佳是：將前述AlN層的厚度設為50～150 nm，且將前述氮化物半導體薄膜中的自前述成長用基板正上方起往薄膜成長方向300 nm為止的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

【0040】 只要如此，在氮化物半導體薄膜中，AlN層會充分地被含釔區域覆蓋，因此能更確實地形成表面形態良好

的AlN層，並能夠抑制氮化物半導體薄膜表面的坑洞的產生。

【0041】 此外，較佳是：將前述成長用基板作成由複合基板、被積層於該複合基板的僅其中一面的平坦化層及被形成於該平坦化層之上的單晶矽層所構成的成長用基板，該複合基板包含含有氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料之多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的第二黏著層及被積層於整個該第二黏著層的阻障層，且設為在前述單晶矽層上形成前述氮化物半導體薄膜；

並且，藉由預先調整前述阻障層的厚度，來將前述AlN層中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

【0042】 只要是這樣的製造方法，即能夠簡易且更確實地使特定濃度的Y擴散。

【0043】 此外，能夠將前述複合基板設為在在前述第一黏著層與前述第二黏著層之間具有被積層於整個前述第一黏著層的導電層者。

【0044】 能夠依據需要對複合基板賦予導電性。

【0045】 此外，也可以是：將前述成長用基板作成由複合基板、被積層於該複合基板的阻障層的正面的平坦化層及被形成於該平坦化層上的單晶矽層所構成的成長用基板，該複合基板包含含有氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料之多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積

層於整個該第一黏著層的阻障層、被積層於該阻障層的背面的第二黏著層及被積層於該第二黏著層的背面的導電層，且設為在前述單晶矽層上形成前述氮化物半導體薄膜；

並且，藉由預先調整前述阻障層的厚度，來將前述AlN層中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0046】 只要是這樣的氮化物半導體基板的製造方法，能夠製造一種氮化物半導體基板，其不會產生由於複合基板的正面側導電層所造成的漏洩路徑，而高頻特性優異。

【0047】 此外，也可以是：將前述成長用基板作成由複合基板、被積層於該複合基板的阻障層的正面的平坦化層及被形成於該平坦化層之上的單晶矽層所構成的成長用基板，該複合基板包含含有氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料之多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於該第一黏著層的背面的導電層、被積層於該導電層的背面的第二黏著層及阻障層，該阻障層被積層於前述第一黏著層的正面及側面、前述導電層的側面以及前述第二黏著層的側面及背面，且設為在前述單晶矽層上形成前述氮化物半導體薄膜；

並且，藉由預先調整前述阻障層的厚度，來將前述AlN層中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0048】 只要是這樣的氮化物半導體基板的製造方法，能夠製造一種氮化物半導體基板，其不會產生由於複合基板的正面側導電層所造成的漏洩路徑，而高頻特性優異。

[發明的效果]

【0049】 如同上述，根據本發明能夠提供一種氮化物半導體基板及其製造方法，該氮化物半導體基板能夠改善AlN層的表面形態並抑制氮化物半導體磊晶晶圓表面的坑洞的產生。

【圖式簡單說明】

【0050】

第1圖是顯示本發明的氮化物半導體基板的一例的示意圖。

第2圖是顯示用於本發明的成長用基板的一例的示意圖。

第3圖是實施例1的阻障層為100 nm的GaN用支撐基板中的磊晶結構1的SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry，二次離子質量分析)剖面。

第4圖是實施例1的阻障層為200 nm的GaN用支撐基板中的磊晶結構2的SIMS剖面。

第5圖是由實施例獲得的氮化物半導體基板的磊晶層與成長用基板界面的SEM影像的一例(磊晶結構1)。

第6圖是比較例1的阻障層為1000 nm的GaN用支撐基板中的磊晶結構1的SIMS剖面。

第7圖是比較例1的阻障層為1000 nm的GaN用支撐基板中的磊晶結構2的SIMS剖面。

第8圖是比較例2中的磊晶-基板界面的SEM影像(磊晶結構1)。

第9圖是比較例2中的產生於氮化物半導體薄膜的表面的坑洞的剖面TEM影像(磊晶結構1)。

第10圖是顯示2種水準的磊晶結構中的AlN層中的Y平均濃度與GaN層表面的坑洞數的關係的圖表。

第11圖是顯示2種水準的磊晶結構中的AlN層中的Y平均濃度與阻障層厚度的關係的圖表。

第12圖是顯示用於本發明的成長用基板的另一例的示意圖。

第13圖是顯示用於本發明的成長用基板的再另一例的示意圖。

【實施方式】

【0051】 如同上述，若使III族氮化物半導體成膜於Si基板和GaN成長用支撐基板，坑洞產生於磊晶晶圓表面會造成問題。成膜於Si基板或GaN成長用支撐基板正上方的AlN層的表面形態較差被列舉為造成這種情況的原因之一。

【0052】 發明人致力研究改善AlN層的表面形態來用以抑制坑洞發生於磊晶晶圓表面的情況，發現藉由在成長用基

板上的氮化物半導體薄膜中含有特定濃度的釔，能夠改善AlN層的表面形態並且抑制坑洞的發生，進而完成本發明。

【0053】 亦即，本發明是一種氮化物半導體基板，其具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，前述氮化物半導體薄膜包含被形成於前述成長用基板上的AlN層、與被形成於該AlN層上的氮化物半導體層，且前述AlN層中的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0054】 此外，本發明是一種氮化物半導體基板的製造方法，該氮化物半導體基板具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，該製造方法包含下述步驟：步驟(1)，其準備含有Y(釔)之前述成長用基板；及，步驟(2)，其使AlN層磊晶成長於前述成長用基板上，進而使氮化物半導體層磊晶成長於前述AlN層上，藉此將前述氮化物半導體薄膜進行成膜；且前述步驟(2)中，使前述成長用基板中的Y擴散，來將前述AlN層中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0055】 以下，詳細地說明本發明，但是本發明不限於此。

【0056】 [氮化物半導體基板]

第1圖中顯示本發明的氮化物半導體基板的一例。本發明的氮化物半導體基板100是氮化物半導體薄膜40被成膜於成長用基板10之上而成，氮化物半導體薄膜40包含：被形成於成長用基板10之上的AlN層20；及，被形成於AlN層20之上的氮化物半導體層30。本發明的氮化物半導體基

板100的特徵在於，在AlN層20中包含特定量的釔，並且AlN層20中的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【0057】 藉由將AlN層20中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下，能夠改善AlN層的表面形態，並且能夠抑制在AlN層上成長的磊晶層(氮化物半導體層30)中的坑洞的發生。另一方面，AlN層20中的平均Y濃度小於1E15atoms/cm^{3}會無法充分地獲得坑洞抑制效果，若高於5E19atoms/cm^{3}則無法獲得GaN原本的特性。

【0058】 作為平均Y(釔)濃度的測定方法，並無特別限定，例如能夠藉由二次離子質量分析(SIMS)來求出。

【0059】 此外，本發明的氮化物半導體基板較佳是下述形態：前述AlN層的厚度為50～150 nm且氮化物半導體薄膜中的自成長用基板正上方起往薄膜成長方向300 nm為止的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。只要如此，在氮化物半導體薄膜中，AlN層會充分地被含釔區域覆蓋，因此能更確實地形成表面形態良好的AlN層，並能夠抑制氮化物半導體薄膜表面的坑洞的產生。

【0060】 氮化物半導體薄膜中，形成於AlN層之上的氮化物半導體層，較佳是作成由GaN、AlN及AlGaN中的一種以上所構成，特別更佳是設為下述層：在AlGaN上積層GaN而成的層；或，在AlGaN上積層有由AlGaN、AlN

及GaN所構成之超晶格結構之層。此外，AlN層與氮化物半導體層組合而成的氮化物半導體薄膜的總膜厚並無特別限定，例如能夠設為0.5～20 μm，更佳是設為1～10 μm。

【0061】 成長用基板較佳是下述形態：單晶矽層被形成於複合基板上，該複合基板是積層有複數層而成，且氮化物半導體薄膜被成膜於單晶矽層上。

【0062】 此外，作為成長用基板，較佳是作成如以下說明所述之GaN用支撐基板。如第2圖所示，GaN用支撐基板例如由複合基板(支撐結構)、被積層於該複合基板的僅其中一面的平坦化層6及被積層於該平坦化層6的單晶矽層7所構成，該複合基板包含：多晶陶瓷芯1、被積層於整個該多晶陶瓷芯1的第一黏著層2、被積層於整個該第一黏著層2的導電層3、被積層於整個該導電層3的第二黏著層4及被積層於整個該第二黏著層4的阻障層5。

【0063】 再者，導電層3及第一黏著層2是依據必要所成膜者，不一定要存在，並且有時還能夠成膜於僅其中一面。

【0064】 在此處，多晶陶瓷芯1較佳是：包含氮化鋁，並且藉由煅燒助劑例如在1800℃的高溫中進行煅燒，而具有約600～1150 μm的厚度。基本上，大多是以Si基板的SEMI規格的厚度來形成。

【0065】 第一黏著層2及第二黏著層4較佳是包含四乙酸矽氧烷(TEOS)層或氧化矽(SiO_2)層、或者包含兩者之

層，並且是藉由LPCVD製程或CVD製程等來進行堆積並具有大致為50～200 nm的厚度。

【0066】 導電層3較佳是包含多晶矽，並且是藉由LPCVD製程等來進行堆積並具有約150～500 nm的厚度。導電層是用以賦予導電性的層，並且例如可摻雜硼(B)和磷(P)等。該包含多晶矽之導電層3可依據需要設置，也可以不設置，還可以被成膜於僅其中一面。

【0067】 阻障層5較佳是包含氮化矽層，並且是藉由LPCVD製程等來進行堆積並具有150～350 nm的厚度。

【0068】 平坦化層6較佳是包含四乙酸矽氧烷(TEOS)或氧化矽(SiO_2)，並且是藉由LPCVD製程等來進行堆積並厚度為500～3000 nm左右。該平坦化層是用以使上表面平坦化而進行堆積，並且可以是SiO_2、Al_2O_3、Si_3N_4或氮氧化矽($Si_xO_yN_z$)等一般的陶瓷的膜材料等。

【0069】 單晶矽層7較佳是具有約100～500 nm的厚度。單晶矽層是作為用以使GaN等其他磊晶成長的成長面來利用的層，可使用層轉印製程等來接合於平坦化層6。

【0070】 再者，各層的厚度和製造方法、所用的物質等不限於上述值，也未必需要存在有全部的層。

【0071】 此外，作為前述GaN用支撐基板(成長用基板)的另一例，例如能夠如第12圖所示，由複合基板、僅黏合於前述複合基板的正面的平坦化層6及黏合於前述平坦化層的單晶矽層7來構成，該複合基板包含：多晶陶瓷芯1、被積層於整個前述多晶陶瓷芯的第一黏著層2、被積層於整個

前述第一黏著層的阻障層5、被積層於前述阻障層的背面的第二黏著層4及被積層於前述第二黏著層的背面的導電層3。

【0072】 只要是使用了這樣的導電層3僅成膜於背面側的結構的成長用基板之氮化物半導體基板，當製作高頻裝置時不會產生由於成長用基板的正面側導電層所造成的漏洩路徑，而能夠作成高頻特性優異者。

【0073】 此外，作為前述GaN用支撐基板(成長用基板)的再另一例，例如能夠如第13圖所示，由複合基板、僅黏合於前述複合基板的正面的平坦化層6及黏合於前述平坦化層的單晶矽層7來構成，該複合基板包含：多晶陶瓷芯1、被積層於整個前述多晶陶瓷芯的第一黏著層2、被積層於前述第一黏著層的背面的導電層3、被積層於前述導電層的背面的第二黏著層4及阻障層5，該阻障層5被積層於前述第一黏著層的正面及側面、前述導電層的側面以及前述第二黏著層的側面及背面。

【0074】 只要是使用了這樣的導電層3僅成膜於背面側的結構的成長用基板之氮化物半導體基板，當製作高頻裝置時不會產生由於成長用基板的正面側導電層所造成的漏洩路徑，而能夠作成高頻特性優異者。

【0075】 [氮化物半導體基板的製造方法]

以下，說明本發明的氮化物半導體基板的製造方法。

【0076】 [第一態樣]

本發明的氮化物半導體的製造方法的第一態樣中，準備含有Y(釔)之成長用基板(步驟(1))，當在該成長用基板上實行氮化物半導體薄膜的磊晶成長時，使成長用基板中的Y擴散來將AlN層中的平均Y(釔)濃度設在特定範圍內(步驟(2))。

【0077】 <步驟(1)>

步驟(1)，是準備含有Y(釔)之成長用基板的步驟。

【0078】 首先，製作磊晶成長用的基板，也就是含有Y之成長用基板。作為成長用基板，只要含有Y即可，並無特別限定，例如能夠使用上述的GaN用支撐基板。藉由在GaN用支撐基板內的多晶陶瓷芯包含氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料(例如煅燒助劑)，即能夠將其作成Y來源。

【0079】 在此處，藉由預先調整所準備的GaN用支撐基板的阻障層(氮化矽層)的厚度，能夠在後述的步驟(2)中使於磊晶層內擴散的釔的量變得容易控制，並且能夠更確實地將AlN層中的平均Y濃度設在特定範圍內。阻障層的厚度例如能夠設為100～350 nm以下。

【0080】 <步驟(2)>

步驟(2)，是使AlN層磊晶成長於成長用基板上，進而使氮化物半導體層磊晶成長於AlN層上，藉此將氮化物半導體薄膜進行成膜的步驟。此外，在本步驟中，使成長用基板中的Y擴散，來將AlN層中的平均Y(釔)濃度設為1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

【0081】 步驟(2)中，例如能夠在MOCVD反應爐中，在GaN用支撐基板上實行AlN層(例如，50～150 nm)、AlGaN層(例如，100～2000 nm)及GaN等III族氮化物半導體薄膜的磊晶成長。在磊晶成長時，使用TMAl作為Al來源，使用TMGa作為Ga來源，使用NH_3作為N來源。此外，載體氣體設為N_2及H_2或者兩者中的任一種氣體，製程溫度設為900～1200℃左右。

【0082】 藉由實行這樣的步驟，來將AlN層中的平均Y濃度設在1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下的範圍。藉由設為這樣的釔濃度，能夠改善AlN的表面形態，並且能夠抑制坑洞的產生。

【0083】 [第二態樣]

此外，本發明的氮化物半導體基板的製造方法，不僅限於上述第一態樣。作為使AlN層中含有釔的方法，除了上述進行擴散的方法以外，也可以以在AlN層的磊晶成長時使Y來源氣體流通的方式來進行。

[實施例]

【0084】 以下，使用實施例及比較例來具體地說明本發明，但是本發明不限於此。

【0085】 (實施例)

製作磊晶成長用的基板，也就是GaN用支撐基板。GaN用支撐基板是由複合基板、被積層於該複合基板的僅其中一面的平坦化層(氧化矽層)及被形成於該平坦化層之上的單晶矽層所構成，該複合基板包含多晶陶瓷芯(氮化鋁

芯)、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層(氧化矽層)、被積層於整個該第一黏著層的導電層(多晶矽層)、被積層於整個該導電層的第二黏著層(氧化矽層)及被積層於整個該第二黏著層的阻障層(氮化矽層)。阻障層的厚度設為100 nm、200 nm、350 nm三種水準。此外，多晶陶瓷芯內，包含氧化釔(Y_2O_3)作為Y來源。

【0086】 繼而，在MOCVD反應爐中，在所製成的GaN用支撐基板上實行AlN、AlGaN及GaN等III族氮化物半導體薄膜的磊晶成長。GaN用支撐基板載置於被稱為衛星托盤的晶圓載盤(wafer pocket)中。當磊晶成長時，使用TMAl作為Al來源，使用TMGa作為Ga來源，使用NH_3作為N來源。此外，載體氣體設為N_2及H_2，製程溫度設為1200℃。

【0087】 將GaN用支撐基板載置於衛星托盤之上，當實行磊晶成長時，磊晶層是自基板側起朝向成長方向依序地將AlN、AlGaN進行成膜，之後使GaN進行磊晶成長而成。磊晶層的結構製作2種水準(磊晶結構1、2)。

【0088】 <磊晶結構1>

將AlN層製膜為150 nm，將AlGaN層製膜為150 nm後，以數nm等級的方式重複將AlGaN、AlN、GaN進行成膜也就是成膜3 μm左右的為所謂的超晶格結構。在其上將GaN層進行成膜，磊晶層的合計總膜厚成為6.5 μm。

【0089】 <磊晶結構2>

將AlN層成膜為150 nm後，以隨著成長方向使Al組成變低的方式將AlGaN層成膜為1.5 μm左右。在其上將GaN層進行成膜，磊晶層的合計總膜厚成為5.5 μm。

【0090】 磊晶結構1、2皆在磊晶層的表層側設置有裝置層。裝置層作成下述結構，其設置有會產生二維電子氣體且晶性高的GaN層(通道層)約400 nm、會使二維電子氣體產生的AlGaN層(阻障層)約20 nm，並在最表層設置3 nm左右的GaN層(頂蓋層，cap layer)。阻障層將Al組成設為20%。

【0091】 磊晶成長結束後，藉由表面檢查測定裝置及顯微鏡對表面的坑洞的數量進行計數。此外，藉由SIMS分析(二次離子質量分析法)，測定磊晶層內的Y(釔)濃度。此外，以SEM(掃描式電子顯微鏡)觀察磊晶層與成長基板界面的剖面，確認AlN層的形態。

【0092】 (比較例1)

針對實施例的GaN用支撐基板製作步驟，將阻障層的厚度設為500 nm、800 nm、1000 nm。使用該等基板來實施與實施例相同的磊晶成長(2種水準)，並實施相同的評價。

【0093】 (比較例2)

針對實施例的GaN用支撐基板製作步驟，製作在多晶陶瓷芯內不含氧化釔(Y_2O_3)之基板。此外，將阻障層的厚度設為350 nm。使用該基板來實施與實施例相同的磊晶成

長(2種水準)，並實施相同的評價。此外，觀察所產生的坑洞的剖面TEM影像。

【0094】 [評價結果(實施例)]

第3圖、第4圖顯示由實施例所製成且阻障層的厚度設為100 nm時的磊晶結構1的氮化物半導體基板及阻障層厚度設為200 nm時的磊晶結構2的氮化物半導體基板的SIMS測定結果。可知該等氮化物半導體基板在磊晶層與成長用基板界面附近的磊晶層內，皆呈Y濃度變高且成長用基板正上方的AlN層中的平均Y濃度在1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下的範圍內。由實施例所製成的其他氮化物半導體基板也確認到AlN層中的平均Y濃度在上述範圍內，並且阻障層越薄則平均Y濃度變得越高(第11圖)。

【0095】 此外，由SEM觀察的結果確認到，由實施例所製成的氮化物半導體基板，其被形成於成膜用基板正上方的AlN層表現出良好的形態(將一例顯示於第5圖)。

【0096】 進一步，由實施例所製成的氮化物半導體基板，藉由表面檢查測定裝置和顯微鏡觀察皆未確認到表面的坑洞(第10圖)。

【0097】 [評價結果(比較例1、2)]

第6圖、第7圖顯示由比較例1所製成且阻障層厚度設為1000 nm時的磊晶結構1及磊晶結構2的氮化物半導體基板的SIMS測定結果。可知該等氮化物半導體基板在磊晶層與成長用基板界面附近的磊晶層內，Y濃度皆為檢測下限值

以下，並且成長用基板正上方的AlN層中的平均Y濃度低於1E15atoms/cm^3。由比較例1、2所製成的其他氮化物半導體基板，也確認到AlN層中的平均Y濃度低於1E15atoms/cm^3，並且阻障層越厚則平均Y濃度變得越低(第11圖)。

【0098】 此外，由SEM觀察的結果確認到，由比較例1、2所製成的氮化物半導體基板，其被形成於成膜用基板正上方的AlN層的形態皆不良(將一例顯示於第8圖)。

【0099】 進一步，由比較例1、2所製成的氮化物半導體基板，藉由表面檢查測定裝置和顯微鏡觀察皆確認到表面上產生了多數的坑洞(參照後述的第10圖)。此外，第9圖中顯示產生於表面的坑洞的TEM影像(第9圖中，(a)的影像擴大者為(b)的影像)。

【0100】 [評價結果的觀察]

如同第10圖所示的AlN層中的平均Y濃度與表面的坑洞數的關係，可知實施例(本發明的氮化物半導體基板)皆為AlN層中的平均Y濃度在1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下的範圍內，所以能夠抑制表面的坑洞產生，但是若如比較例1那樣，AlN層中的平均Y濃度在稍微低於1E15atoms/cm^3，則無法抑制表面的坑洞的產生。

【0101】 再者，本發明不限於上述實施形態。上述實施形態為例示，與本發明的發明申請專利範圍所記載的技術思

想具有實質性相同的構成並發揮相同的作用效果者，全部皆包含在本發明的技術範圍中。

【符號說明】

【0102】

1：多晶陶瓷芯

2：第一黏著層

3：導電層

4：第二黏著層

5：阻障層

6：平坦化層

7：單晶矽層

10：成長用基板

20：AlN層

30：氮化物半導體層

40：氮化物半導體薄膜

100：氮化物半導體基板

【生物材料寄存】

國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種氮化物半導體基板，其特徵在於，具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，

前述氮化物半導體薄膜包含被形成於前述成長用基板上的AlN層、與被形成於該AlN層上的氮化物半導體層，

且前述AlN層中的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【請求項2】 如請求項1所述之氮化物半導體基板，其中，前述AlN層的厚度為50～150 nm且前述氮化物半導體薄膜中的自前述成長用基板正上方起往薄膜成長方向300 nm為止的平均Y(釔)濃度為1E15atoms/cm^{3}以上且5E19atoms/cm^{3}以下。

【請求項3】 如請求項1所述之氮化物半導體基板，其中，前述氮化物半導體層是由GaN、AlN及AlGaN中的一種以上所構成。

【請求項4】 如請求項1所述之氮化物半導體基板，其中，前述成長用基板在複數層所積層而成的複合基板上形成有單晶矽層，

且在前述單晶矽層上成膜有前述氮化物半導體薄膜。

【請求項5】 如請求項4所述之氮化物半導體基板，其中，前述單晶矽層具有100～500 nm的厚度。

【請求項6】 如請求項4所述之氮化物半導體基板，其中，前述複合基板包含多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷

芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的第二黏著層及被積層於整個該第二黏著層的阻障層，

且前述單晶矽層被形成於平坦化層之上，該平坦化層被積層於前述複合基板的僅其中一面。

【請求項7】 如請求項6所述之氮化物半導體基板，其中，前述複合基板在前述第一黏著層與前述第二黏著層之間具有被積層於整個前述第一黏著層的導電層。

【請求項8】 如請求項4所述之氮化物半導體基板，其中，前述複合基板包含多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的阻障層、被積層於該阻障層的背面的第二黏著層及被積層於該第二黏著層的背面的導電層，

且前述單晶矽層被形成於平坦化層之上，該平坦化層被積層於前述複合基板的前述阻障層的正面。

【請求項9】 如請求項4所述之氮化物半導體基板，其中，前述複合基板包含多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於該第一黏著層的背面的導電層、被積層於該導電層的背面的第二黏著層及阻障層，該阻障層被積層於前述第一黏著層的正面及側面、前述導電層的側面以及前述第二黏著層的側面及背面，

且前述單晶矽層被形成於平坦化層之上，該平坦化層被積層於前述複合基板的前述阻障層的正面。

【請求項10】如請求項 7～9 中任一項所述之氮化物半導體基板，其中，前述導電層包含多晶矽層。

【請求項11】如請求項 7～9 中任一項所述之氮化物半導體基板，其中，前述導電層具有 150～500 nm 的厚度。

【請求項12】如請求項 6～9 中任一項所述之氮化物半導體基板，其中，前述多晶陶瓷芯包含氮化鋁。

【請求項13】如請求項 6～9 中任一項所述之氮化物半導體基板，其中，前述第一黏著層及前述第二黏著層包含四乙酸矽氧烷(TEOS)層或氧化矽(SiO_2)層，並且前述阻障層包含氮化矽。

【請求項14】如請求項 6～9 中任一項所述之氮化物半導體基板，其中，前述第一黏著層及前述第二黏著層具有 50～200 nm 的厚度，並且前述阻障層具有 100～350 nm 的厚度。

【請求項15】如請求項 6～9 中任一項所述之氮化物半導體基板，其中，前述平坦化層包含四乙酸矽氧烷(TEOS)或氧化矽(SiO_2)，且具有 500～3000 nm 的厚度。

【請求項16】一種氮化物半導體基板的製造方法，該氮化物半導體基板具備成長用基板、與被成膜於該成長用基板上的氮化物半導體薄膜，

該製造方法包含下述步驟：

步驟(1)，其準備含有Y(釔)之前述成長用基板；及，

步驟(2)，其使AlN層磊晶成長於前述成長用基板上，進而使氮化物半導體層磊晶成長於前述AlN層上，藉此將前述氮化物半導體薄膜進行成膜；

且前述步驟(2)中，使前述成長用基板中的 Y 擴散，來

將前述 AlN 層中的平均 Y(釔)濃度設為 1E15atoms/cm^3 以上且 5E19atoms/cm^3 以下。

【請求項17】如請求項 16 所述之氮化物半導體基板的製造方法，其中，將前述 AlN 層的厚度設為 50～150 nm，且將前述氮化物半導體薄膜中的自前述成長用基板正上方起往薄膜成長方向 300 nm 為止的平均 Y(釔)濃度設為 1E15atoms/cm^3 以上且 5E19atoms/cm^3 以下。

【請求項18】如請求項 16 或 17 所述之氮化物半導體基板的製造方法，其中，將前述成長用基板作成由複合基板、被積層於該複合基板的僅其中一面的平坦化層及被形成於該平坦化層之上的單晶矽層所構成的成長用基板，該複合基板包含含有氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料之多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的第二黏著層及被積層於整個該第二黏著層的阻障層，且設為在前述單晶矽層上形成前述氮化物半導體薄膜；

並且，藉由預先調整前述阻障層的厚度，來將前述 AlN 層中的平均 Y(釔)濃度設為 1E15atoms/cm^3 以上且 5E19atoms/cm^3 以下。

【請求項19】如請求項 18 所述之氮化物半導體基板的製造方法，其中，將前述複合基板作成在前述第一黏著層與前述第二黏著層之間具有被積層於整個前述第一黏著層的導電層者。

【請求項20】如請求項 16 或 17 所述之氮化物半導體基板

的製造方法，其中，將前述成長用基板作成由複合基板、被積層於該複合基板的阻障層的正面的平坦化層及被形成於該平坦化層之上的單晶矽層所構成的成長用基板，該複合基板包含含有氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料之多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於整個該第一黏著層的前述阻障層、被積層於該阻障層的背面的第二黏著層及被積層於該第二黏著層的背面的導電層，且設為在前述單晶矽層上形成前述氮化物半導體薄膜；

並且，藉由預先調整前述阻障層的厚度，來將前述 AlN 層中的平均 Y(釔)濃度設為 1E15atoms/cm^3 以上且 5E19atoms/cm^3 以下。

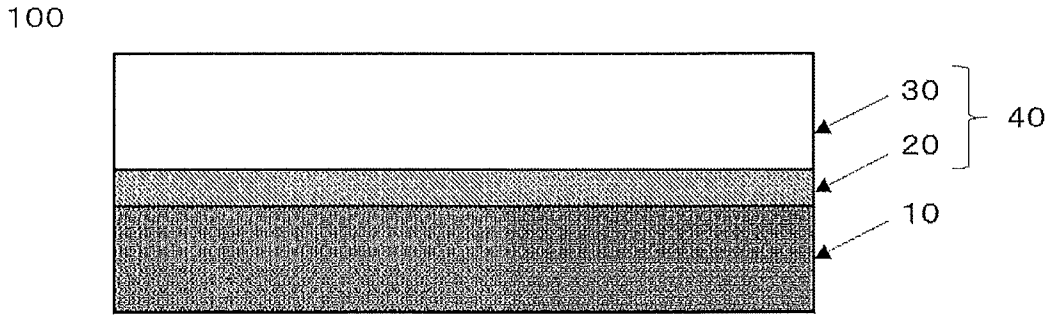
【請求項21】如請求項16或17所述之氮化物半導體基板的製造方法，其中，將前述成長用基板作成由複合基板、被積層於該複合基板的阻障層的正面的平坦化層及被形成於該平坦化層之上的單晶矽層所構成的成長用基板，該複合基板包含含有氧化釔(Y_2O_3)作為黏合材料之多晶陶瓷芯、被積層於整個該多晶陶瓷芯的第一黏著層、被積層於該第一黏著層的背面的導電層、被積層於該導電層的背面的第二黏著層及阻障層，該阻障層被積層於前述第一黏著層的正面及側面、前述導電層的側面以及前述第二黏著層的側面及背面，且設為在前述單晶矽層上形成前述氮化物半導體薄膜；

並且，藉由預先調整前述阻障層的厚度，來將前述 AlN 層中的平均 Y(釔)濃度設為 1E15atoms/cm^3 以上且

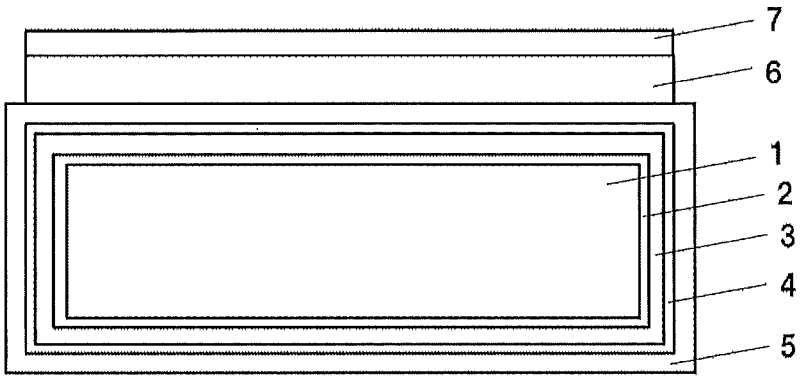
5E19atoms/cm^3 以下。

【發明圖式】

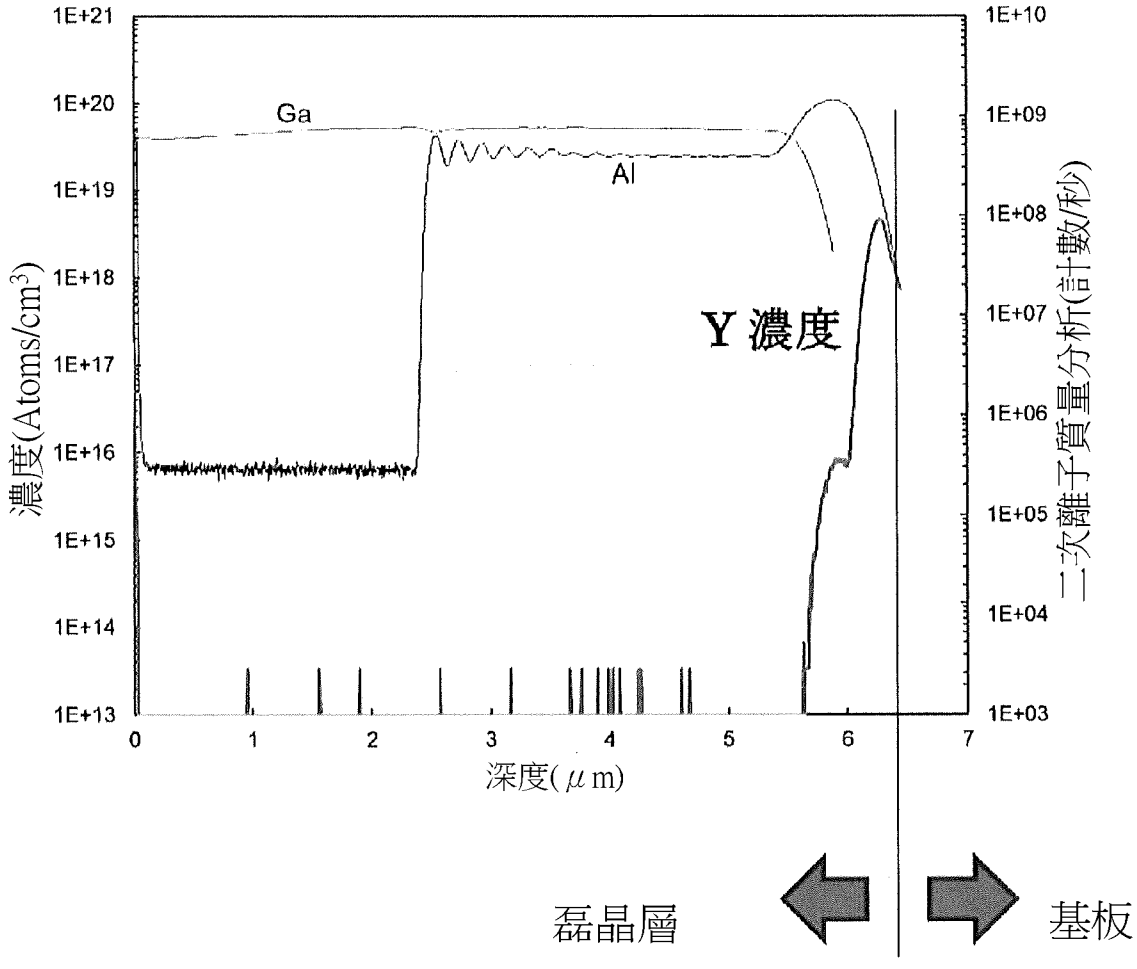
第1圖



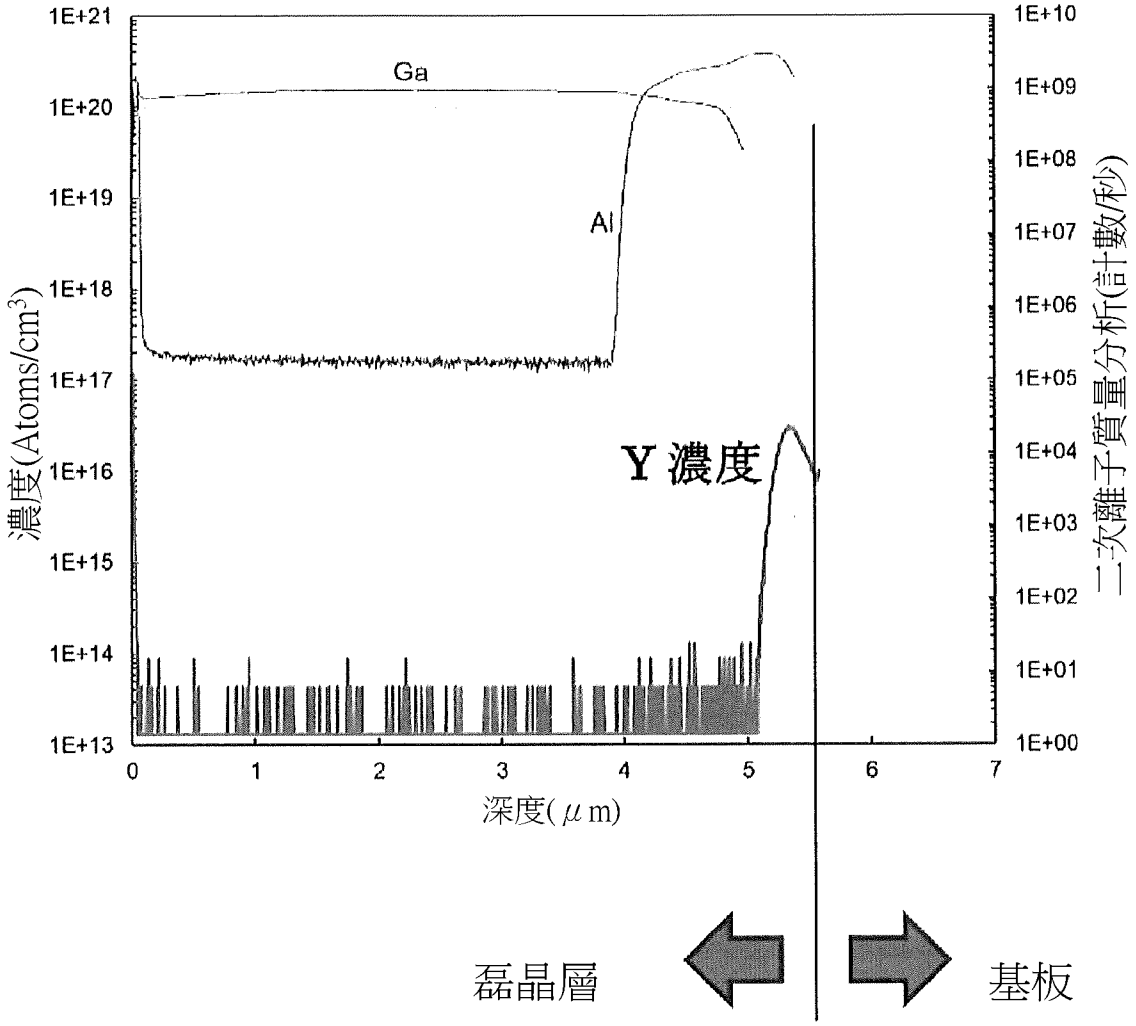
第2圖



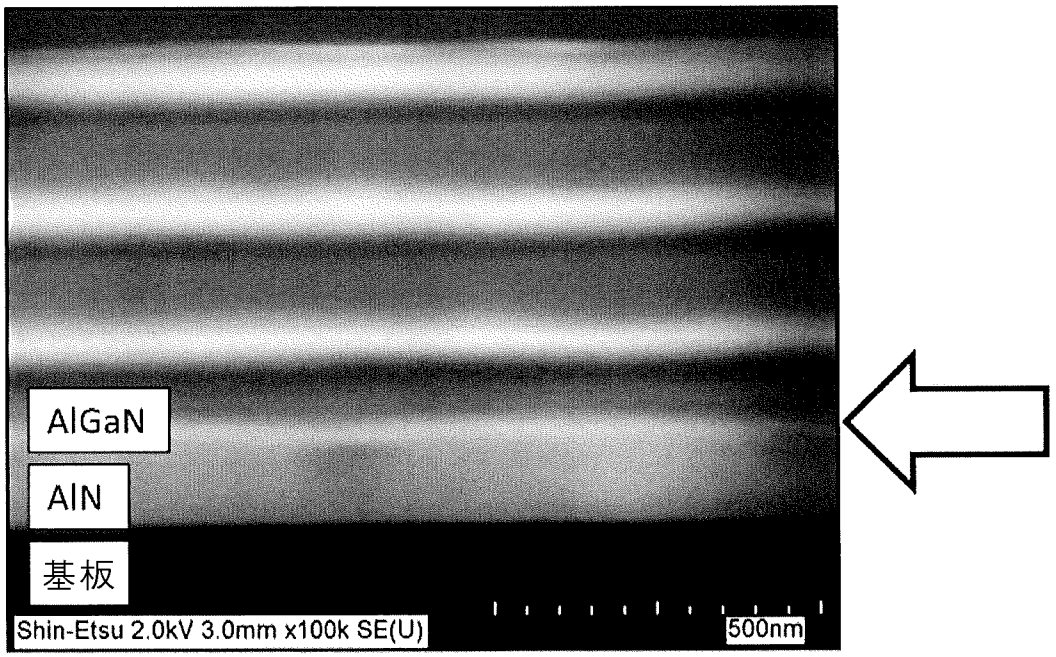
第3圖



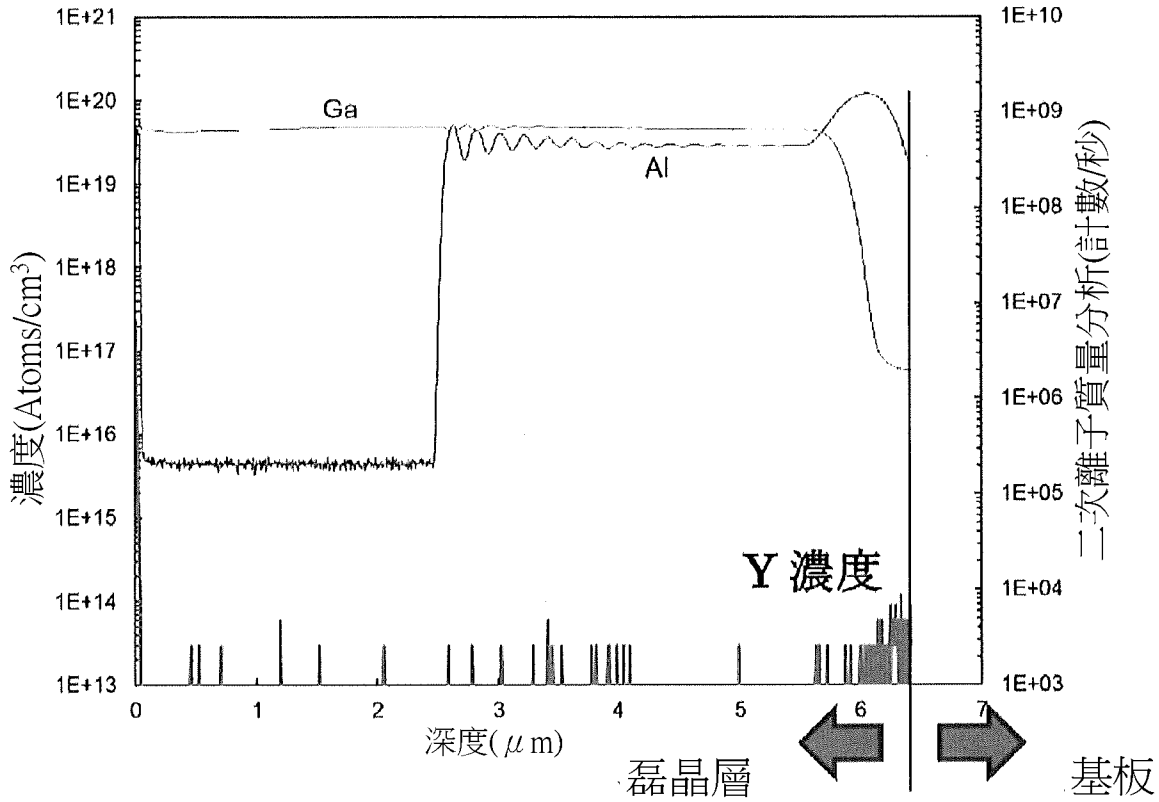
第4圖


Ga
Al
Y濃度
濃度(Atoms/cm³)
二次離子質量分析(計數/秒)
深度(μm)
磊晶層
基板

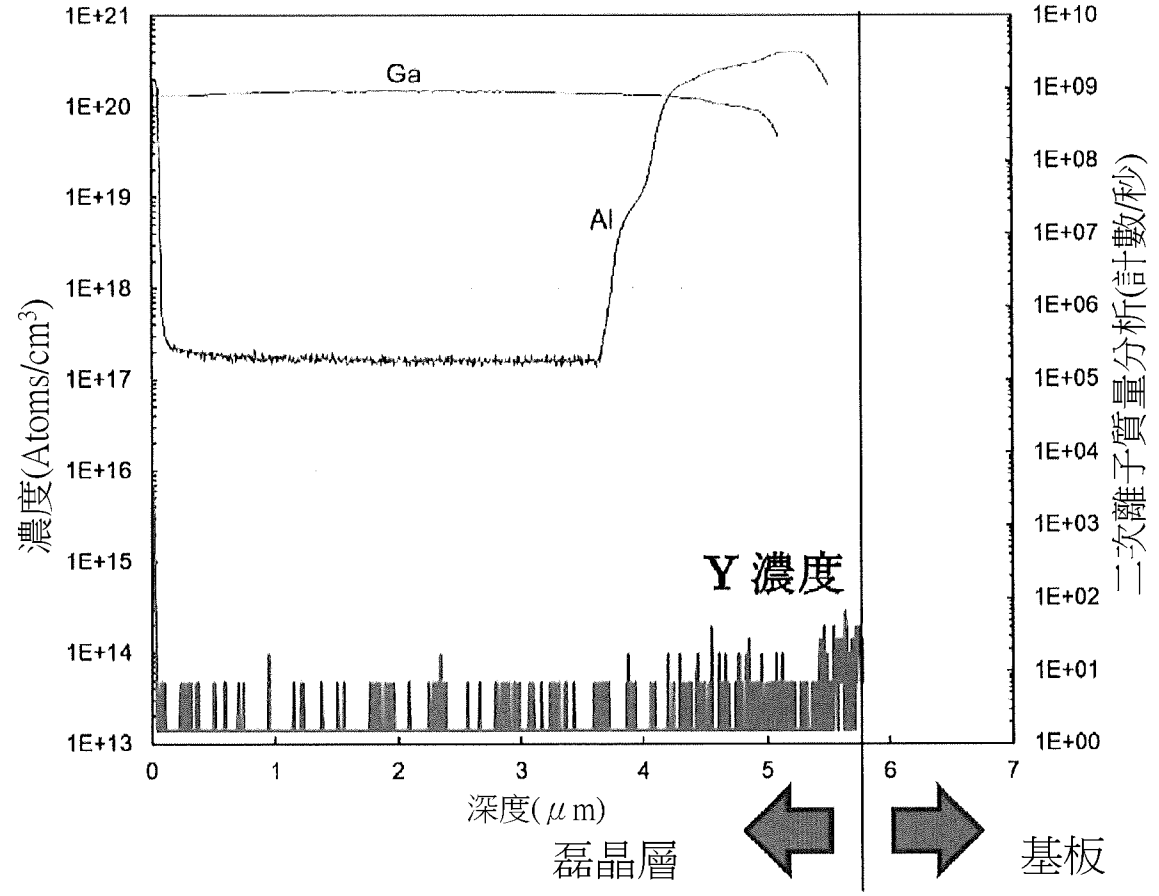
第5圖


AlGaN
AlN
基板
Shin-Etsu 2.0kV 3.0mm x100k SE(U)
500nm

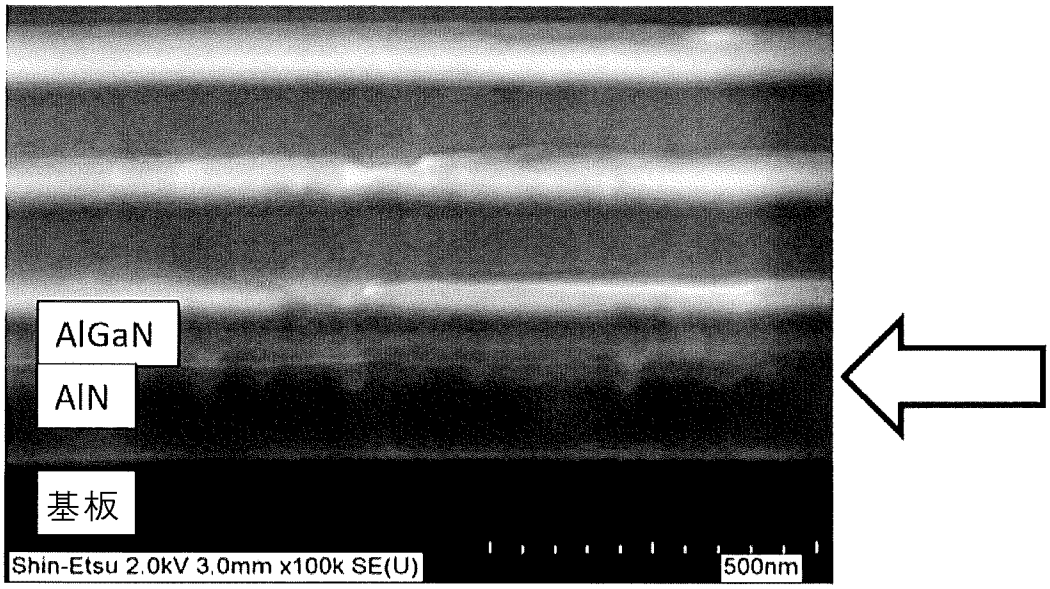
第6圖


1E+21
1E+20
1E+19
1E+18
1E+17
1E+16
1E+15
1E+14
1E+13
濃度(Atoms/cm3)
Ga
Al
Y 濃度
0
1
2
3
4
5
6
7
深度(μm)
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
二次離子質量分析(計數/秒)
磊晶層
基板

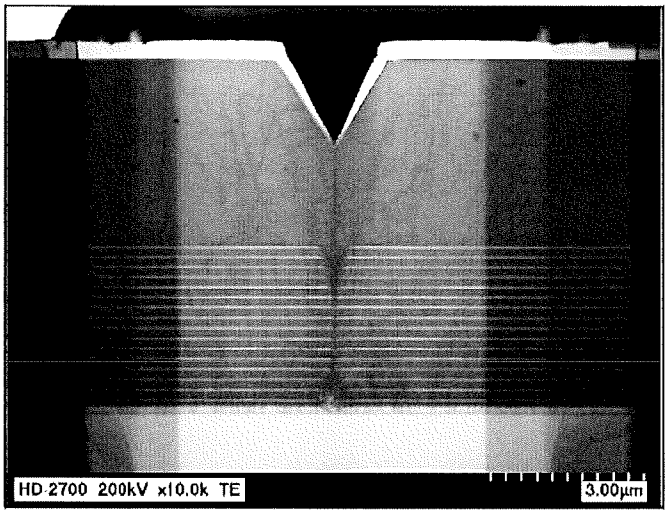
第7圖


1E+21
1E+20
1E+19
1E+18
1E+17
1E+16
1E+15
1E+14
1E+13
濃度(Atoms/cm3)
Ga
Al
Y 濃度
0
1
2
3
4
5
6
7
深度(μm)
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
二次離子質量分析(計數/秒)
磊晶層
基板

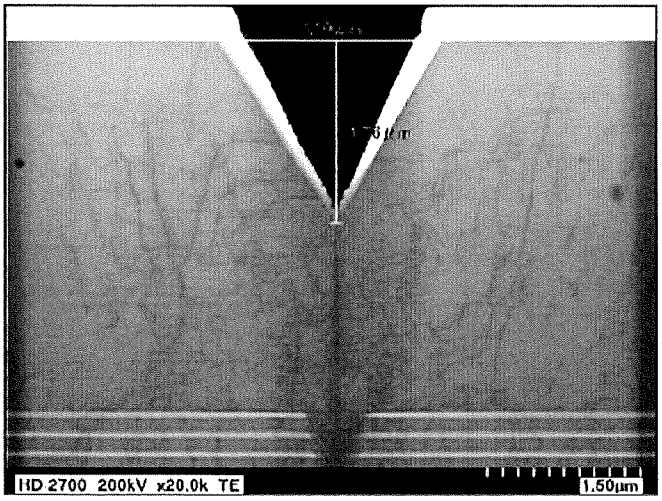
第8圖


AlGaN
AlN
基板
Shin-Etsu 2.0kV 3.0mm x100k SE(U)
500nm

第9圖

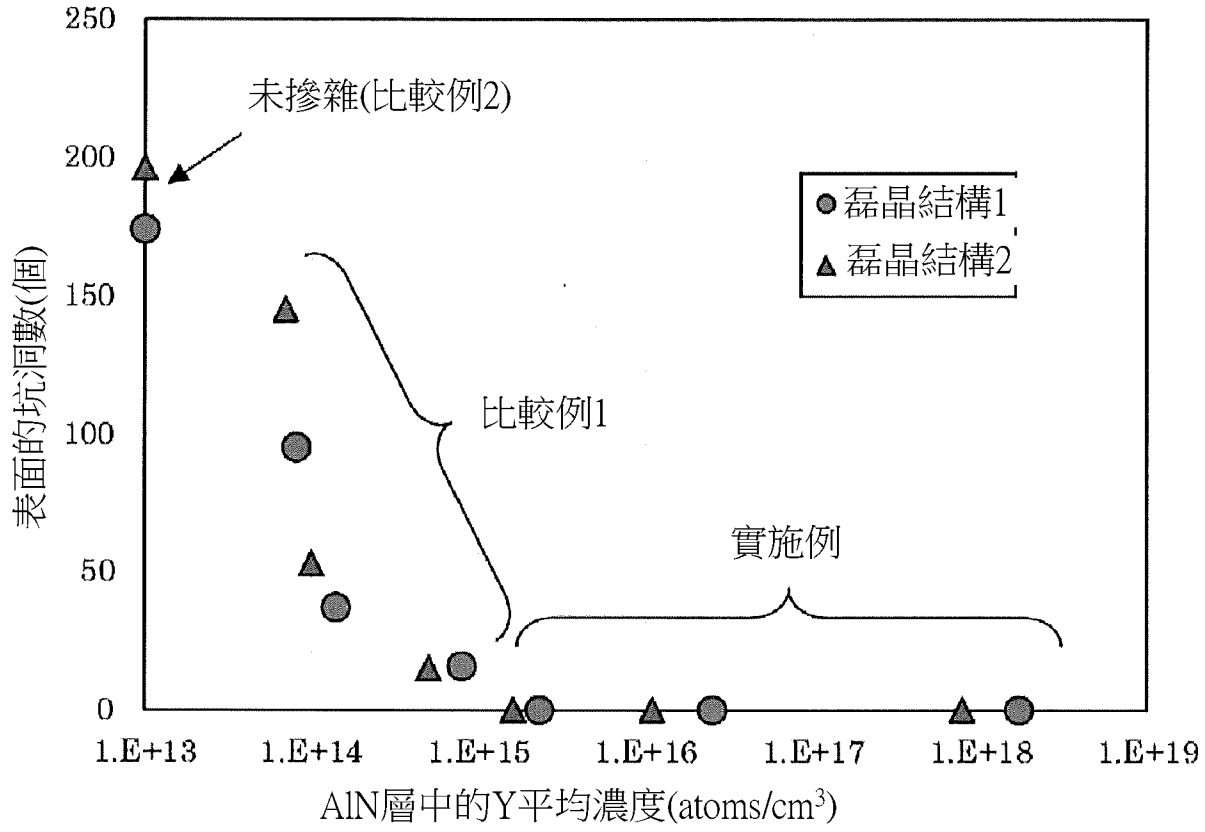

HD-2700 200kV x10.0k TE
3.00μm

(a)

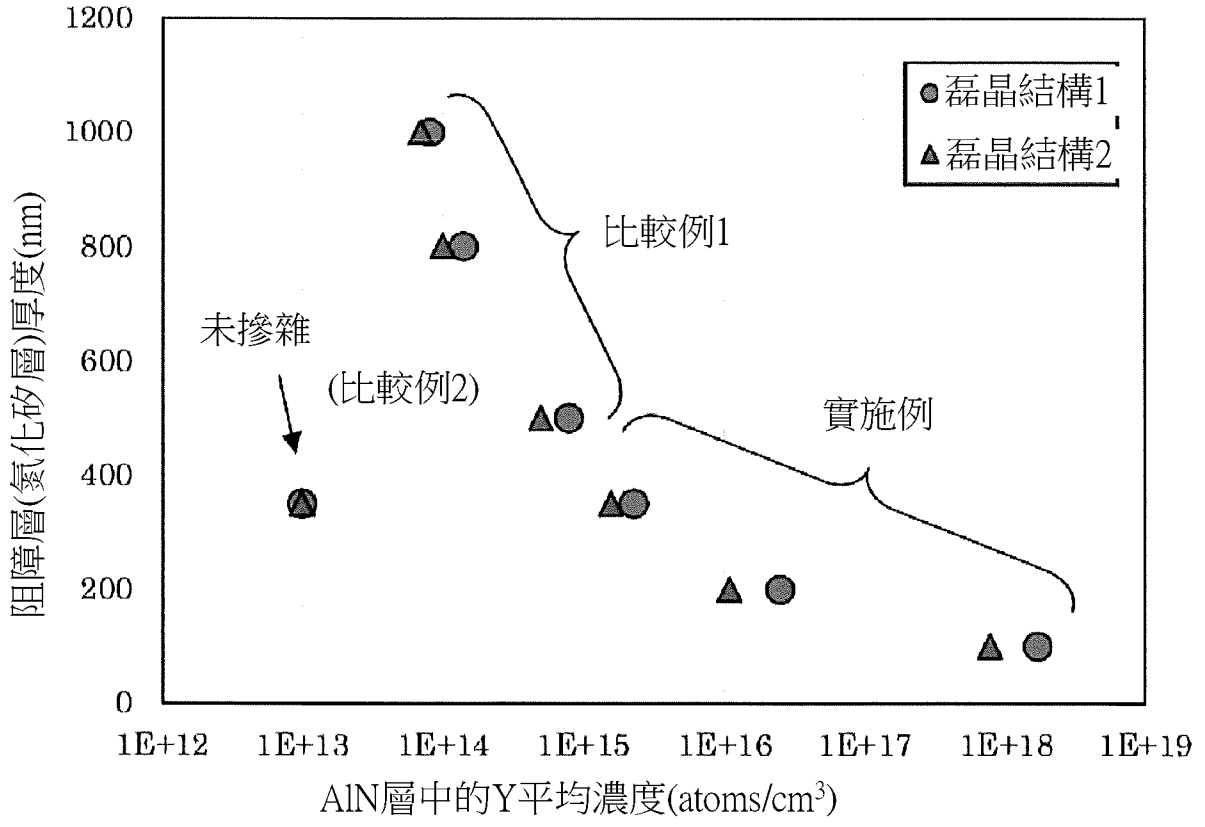

HD-2700 200kV x20.0k TE
1.50μm

(b)

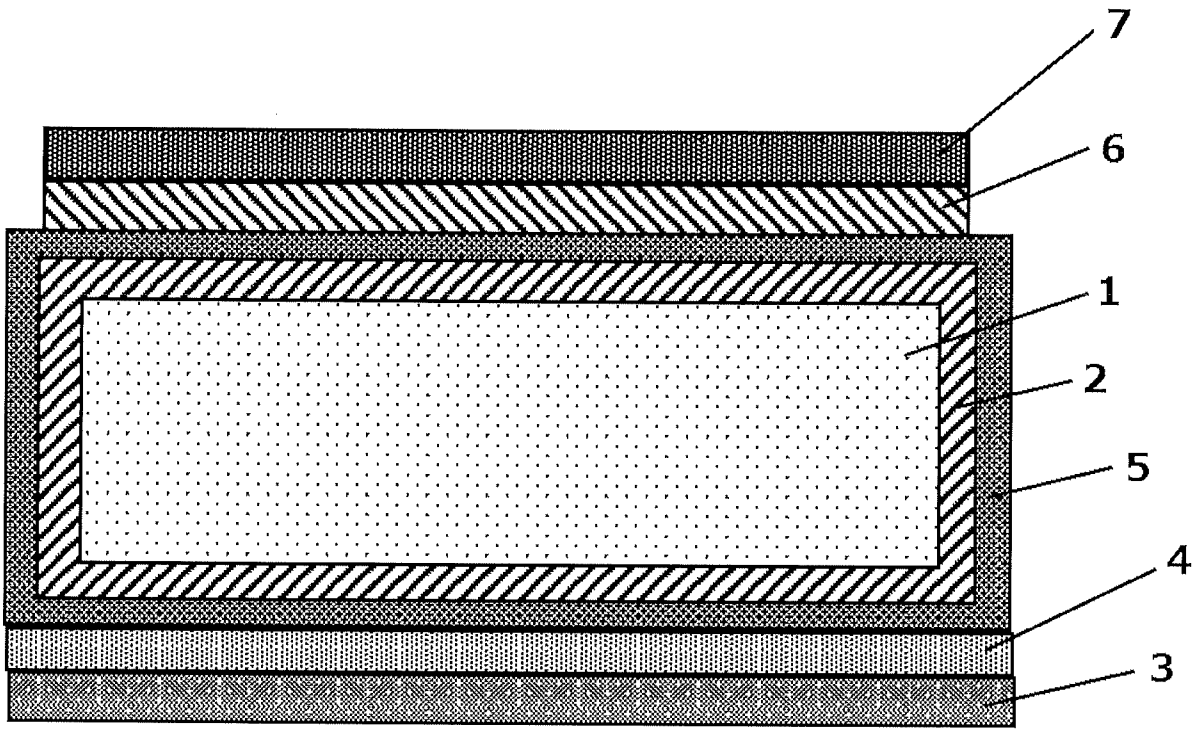
第10圖


250
200
150
100
50
0
表面的坑洞數(個)
未摻雜(比較例2)
磊晶結構1
磊晶結構2
比較例1
實施例
1.E+13
1.E+14
1.E+15
1.E+16
1.E+17
1.E+18
1.E+19
AlN層中的Y平均濃度(atoms/cm3)

第11圖


1200
1000
800
600
400
200
0
阻障層(氮化矽層)厚度(nm)
磊晶結構1
磊晶結構2
比較例1
未摻雜
(比較例2)
實施例
1E+12
1E+13
1E+14
1E+15
1E+16
1E+17
1E+18
1E+19
AlN層中的Y平均濃度(atoms/cm3)

第12圖



第13圖

