

(21)申請案號：100140401

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 04 日

(51)Int. Cl. : H01L21/08 (2006.01)

H01L21/18 (2006.01)

H01L33/30 (2010.01)

H01S5/323 (2006.01)

(30)優先權：2010/11/05 日本

2010-248932

(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：鹽谷陽平 ENYA, YOHEI (JP)；京野孝史 KYONO, TAKASHI (JP)；住友隆道
SUMITOMO, TAKAMICHI (JP)；善積祐介 YOSHIZUMI, YUSUKE (JP)；西塚幸
司 NISHIZUKA, KOJI (JP)

(74)代理人：陳長文

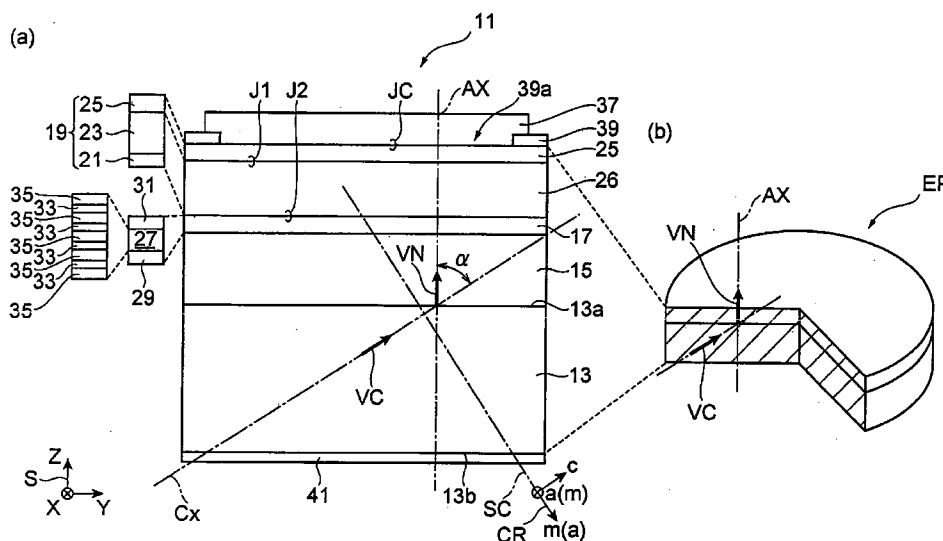
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：10 共 61 頁

(54)名稱

第 III 族氮化物半導體元件、製造第 III 族氮化物半導體元件之方法及磊晶基板

(57)摘要

本發明提供一種具有氧濃度降低之 p 型氮化鎵系半導體層之第 III 族氮化物半導體元件。第 III 族氮化物半導體元件 11 包括：基板 13、n 型第 III 族氮化物半導體區域 15、發光層 17、及 p 型第 III 族氮化物半導體區域 19。基板 13 之主面 13a 自與沿該第 I 族氮化鎵系半導體之 c 軸延伸之基準軸 Cx 正交之面 Sc，以 50 度以上、未達 130 度之範圍之角度傾斜。p 型第 III 族氮化物半導體區域 19 包含第一 p 型氮化鎵系半導體層 21，第一 p 型氮化鎵系半導體層 21 之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第一 p 型氮化鎵系半導體層 21 之 p 型摻雜物濃度 Npd 與氧濃度 Noxg 之濃度比 (Noxg/Npd) 為 1/10 以下。



11：第 III 族氮化物半導體元件

13：基板

13a：基板之主面

13b：基板之背面

15：n 型第 III 族氮化物半導體區域

17：發光層

19：p 型第 III 族氮化物半導體區域

21：第一 p 型氮化鎵系半導體層

23：第二 p 型氮化鎵
系半導體層
25：p 型接觸層
26：p 型第 III 族氮化
物半導體積層
27：活性層
29：n 側光導層
31：p 側光導層
33：半導體磊晶層
35：半導體磊晶層
37：第 1 電極
39：絕緣膜
39a：絕緣膜之開口
41：第 2 電極
a：軸
AX：法線軸
c：軸
CR：結晶座標系統
Cx：基準軸
EP：磊晶基板
J1：第 1 接合
J2：第 2 接合
JC：接觸
m：軸
S：座標系統
SC：與基準軸正交之
面
VC：c 軸部向量
VN：法線向量
 α ：傾斜角

(21)申請案號：100140401

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 04 日

(51)Int. Cl. : H01L21/08 (2006.01)

H01L21/18 (2006.01)

H01L33/30 (2010.01)

H01S5/323 (2006.01)

(30)優先權：2010/11/05 日本

2010-248932

(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：鹽谷陽平 ENYA, YOHEI (JP)；京野孝史 KYONO, TAKASHI (JP)；住友隆道
SUMITOMO, TAKAMICHI (JP)；善積祐介 YOSHIZUMI, YUSUKE (JP)；西塚幸
司 NISHIZUKA, KOJI (JP)

(74)代理人：陳長文

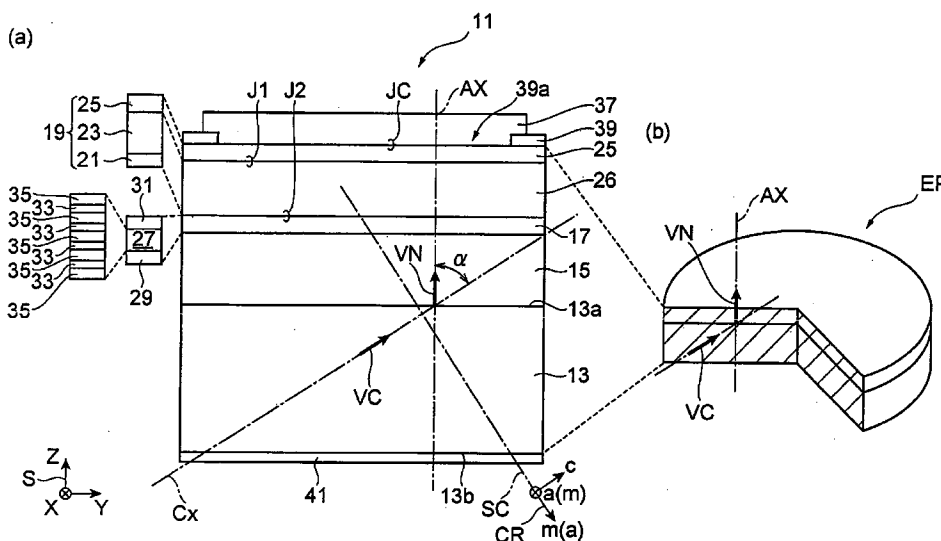
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：10 共 61 頁

(54)名稱

第 III 族氮化物半導體元件、製造第 III 族氮化物半導體元件之方法及磊晶基板

(57)摘要

本發明提供一種具有氧濃度降低之 p 型氮化鎵系半導體層之第 III 族氮化物半導體元件。第 III 族氮化物半導體元件 11 包括：基板 13、n 型第 III 族氮化物半導體區域 15、發光層 17、及 p 型第 III 族氮化物半導體區域 19。基板 13 之主面 13a 自與沿該第 I 族氮化鎵系半導體之 c 軸延伸之基準軸 Cx 正交之面 Sc，以 50 度以上、未達 130 度之範圍之角度傾斜。p 型第 III 族氮化物半導體區域 19 包含第一 p 型氮化鎵系半導體層 21，第一 p 型氮化鎵系半導體層 21 之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第一 p 型氮化鎵系半導體層 21 之 p 型摻雜物濃度 Npd 與氧濃度 Noxg 之濃度比 (Noxg/Npd) 為 1/10 以下。



11：第 III 族氮化物半導體元件

13：基板

13a：基板之主面

13b：基板之背面

15：n 型第 III 族氮化物半導體區域

17：發光層

19：p 型第 III 族氮化物半導體區域

21：第一 p 型氮化鎵系半導體層

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種第III族氮化物半導體元件、製造第III族氮化物半導體元件之方法及磊晶基板。

【先前技術】

於專利文獻1中，記載有用於藍色發光裝置之InGaN層之成長方法。規定了InGaN成長時之成長溫度與成長速度。

先前技術文獻

專利文獻

專利文獻1：日本專利特開平6-209122號公報

【發明內容】

發明所欲解決之問題

於專利文獻1中之成長中，將藍寶石基板配置於成長爐之基座上後，於攝氏510度之基板溫度下使氮、TMG(trimethyl gallium，三甲基鎵)、作為載氣之氫氣流過，而使GaN緩衝層成長。於該期間中，自錐形石英管持續流出氫氣及氮氣，並使基座緩慢地旋轉。該GaN緩衝層之表面包含c面。於GaN緩衝層之成長後，於攝氏1020度之基板溫度下，同樣地將氫氣作為載氣而使TMG流過，從而使約2 μm厚之GaN層成長。於該GaN層成長之後，於攝氏805度之基板溫度下，將載氣切換為氮氣，使TMG、TMI(trimethyl indium，三甲基銦)、氮、及矽烷流過，從而使摻雜Si之InGaN成長。於該InGaN成長之期間中，自錐形石英管所供給之氣體僅為氮氣。

根據專利文獻1，當使Ga₂N於c面上成長時，使氫氣及氮氣流過，另一方面，於InGa₂N之成長時，使氮氣流過。

根據發明者等人之研究，若使第III族氮化物於並非極性面之非極性面上成長，則與如上所述之c面Ga₂N表面相比，未供給至成長爐中之氧容易因半極性表面之結晶狀態不同而作為雜質混入。不含In之氮化鎵系半導體，例如Ga₂N或AlGa₂N係一面供給氫氣一面成長。於顯現高還原性之氫氣之環境下，氧自成長爐內之暫時殘留物、例如夾具或附著物上脫離。於容易混入氧之非極性面上之磊晶成長中，作為結果，該氧會混入至磊晶膜中。氧於p型氮化物半導體層中成為補償雜質。因此，不含In之氮化鎵系半導體之磊晶成長雖於含有氫氣之環境下進行，但其會使磊晶層之電阻增大，使半導體元件之電氣特性惡化。

本發明之一態樣係鑒於此種情況而成者，其目的在於提供一種具有氧濃度降低之p型氮化鎵系半導體層之第III族氮化物半導體元件，又，本發明之另一態樣之目的在於提供一種可降低氧雜質之混入量的製造第III族氮化物半導體元件之方法，進而，本發明之又一態樣之目的在於提供一種用於該第III族氮化物半導體元件之磊晶基板。

解決問題之技術手段

本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件包括：(a)基板，其含有包含第I氮化鎵系半導體之主面、且具有導電性；以及(b)第III族氮化物半導體區域，其包含第一p型氮化鎵系半導體層、且設置於上述主面上。上述基板之上

述主面自與沿該第I氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜，上述第一p型氮化鎵系半導體層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第一p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

根據該第III族氮化物半導體元件，將第一p型氮化鎵系半導體層設置於基板之主面上，該主面自與沿基板之第I氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜。因於該角度範圍內，可使第一p型氮化鎵系半導體層中之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，故可減少藉由第一p型氮化鎵系半導體層中所含有之氧而補償第一p型氮化鎵系半導體層中之p型摻雜物的情況。又，由於比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下，因此可降低p型摻雜物濃度 N_{pd} 。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述第一p型氮化鎵系半導體層較佳為不含銦作為第III族構成元素。根據該第III族氮化物半導體元件，於不含銦作為第III族構成元素之氮化鎵系半導體中，可降低氧濃度，又，可降低p型摻雜物濃度 N_{pd} 。

本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件可更包括設置於上述主面上之n型氮化鎵系半導體層、及用於發光層之氮化鎵系半導體層。上述發光層可設置於上述第一p型氮化鎵系半導體層與上述n型氮化鎵系半導體層之間，該第III族氮化物半導體元件可為發光元件。根據該第III族氮

化物半導體元件，可於發光元件中提高p型氮化鎵系半導體層之電氣特性。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述發光層之發光波長可為440 nm以上、600 nm以下。

根據該第III族氮化物半導體元件，於產生上述發光波長範圍之光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之電氣特性。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述發光層之發光波長可為490 nm以上、600 nm以下。

根據該第III族氮化物半導體元件，於提供長波長之發光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之電氣特性。

本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件可更包括與上述第III族氮化物半導體區域形成接觸之電極。較佳為上述第III族氮化物半導體區域包含與上述電極形成接觸之接觸層、及p型第III族氮化物半導體積層，上述p型第III族氮化物半導體積層係設置於上述接觸層與上述發光層之間，上述p型第III族氮化物半導體積層與上述接觸層形成接觸與第1接合，並且與上述發光層形成第2接合，上述p型第III族氮化物半導體積層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述p型第III族氮化物半導體積層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

根據該第III族氮化物半導體元件，於自電極至發光層之電流路徑中，p型第III族氮化物半導體積層中之氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。可提高構成

該電流路徑之p型第III族氮化物半導體之電氣特性。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可包含GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN。

根據該第III族氮化物半導體元件，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可包含GaN或AlGaN。

根據該第III族氮化物半導體元件，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN或AlGaN中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述第一p型氮化鎵系半導體層之碳濃度可為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

根據該第III族氮化物半導體元件，尤其於製造長波長之發光之發光元件時，要求降低p層半導體之成長溫度，因此碳雜質之濃度增加。根據發明者等人之見解，於在氮氣環境中成長之第一p型氮化鎵系半導體層中，不僅可降低氧濃度，亦可降低碳濃度。

於本發明之一態樣之第III族氮化物半導體元件中，上述第III族氮化物半導體區域可更包括設置於上述主面上之第二p型氮化鎵系半導體層，上述第二p型氮化鎵系半導體層

之氧濃度可為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第二p型氮化鎵系半導體層可含有銦作為第III族構成元素，上述第二p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度Npd與上述氧濃度Noxg之比(Noxg/Npd)可為1/10以下。

根據該第III族氮化物半導體元件，於含有銦作為第III族構成元素之p型氮化鎵系半導體層中，亦可降低氧濃度，並且亦可將濃度比(Noxg/Npd)降低至1/10以下為止。因此，可提高該p型第III族氮化物半導體之電氣特性。

本發明之另一態樣係一種製造第III族氮化物半導體元件之方法。該方法包括：(a)準備含有包含第1氮化鎵系半導體之主面、且具有導電性之基板的步驟；以及(b)使包含第一p型氮化鎵系半導體層之第III族氮化物半導體區域於上述主面上成長的步驟。於上述第一p型氮化鎵系半導體層之成長中，將用於上述第一p型氮化鎵系半導體層之第III族構成元素及第V族構成元素的原料氣體與第1環境氣體供給至成長爐中，使用氮氣作為上述第1環境氣體，上述基板之上述主面自與沿該第1氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜，上述第一p型氮化鎵系半導體層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第一p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度Npd與上述氧濃度Noxg之比(Noxg/Npd)為1/10以下。

根據該製造方法，第一p型氮化鎵系半導體層於基板之主面上成長，該主面自與沿基板之第1氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範

圍之角度傾斜。該成長係將用於第一p型氮化鎵系半導體層之原料氣體與第1環境氣體供給至成長爐中，使用氮氣作為該環境氣體。因此，可使第一p型氮化鎵系半導體層中之氧濃度成為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。可減少藉由第一p型氮化鎵系半導體層中所含有之氧而補償第一p型氮化鎵系半導體層中之p型摻雜物的情況。又，由於濃度比 (Noxg/Npd) 為1/10以下，因此可降低p型摻雜物濃度Npd。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可不含銦作為第III族構成元素。根據該製造方法，於不含銦作為第III族構成元素之氮化鎵系半導體中，可降低氧濃度，又，可降低上述濃度比。

本發明之另一態樣之製造方法可更包括：使n型氮化鎵系半導體層於上述主面上成長之步驟、及使用於活性層之氮化鎵系半導體層於上述主面上成長之步驟。上述活性層係設置於上述p型氮化鎵系半導體層與上述n型氮化鎵系半導體層之間，該第III族氮化物半導體元件為發光元件。根據該製造方法，於發光元件中可提高p型氮化鎵系半導體層之電氣特性。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述活性層之發光波長可為440 nm以上、600 nm以下。根據該製造方法，於產生上述發光波長範圍之光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之電氣特性。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述活性層之發光波長可為490 nm以上、600 nm以下。根據該製造方法，於

提供長波長之發光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之特性。

本發明之另一態樣之製造方法可更包括形成與上述第III族氮化物半導體區域形成接觸之電極的步驟。上述第III族氮化物半導體區域可包含與上述電極形成接觸之接觸層、及p型第III族氮化物半導體積層，上述p型第III族氮化物半導體積層可設置於上述接觸層與上述發光層之間，上述p型第III族氮化物半導體積層可與上述接觸層形成接觸與第1接合，並且與上述發光層形成第2接合，於上述p型第III族氮化物半導體積層內之一個或複數個p型氮化鎵系半導體層各自之成長中，可將用於該p型氮化鎵系半導體層之第III族構成元素及第V族構成元素的原料氣體與第2環境氣體供給至成長爐中，可使用氮氣作為上述第2環境氣體，上述p型第III族氮化物半導體積層之氧濃度可為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述p型第III族氮化物半導體積層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})可為1/10以下。

根據該製造方法，於自電極至發光層之電流路徑中，p型第III族氮化物半導體積層之氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。可提高構成該電流路徑之p型第III族氮化物半導體之電氣特性。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可包含GaN、InGaN、AlGaIn或InAlGaIn。根據該製造方法，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導

體表面上之GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可包含GaN或AlGaN。根據該製造方法，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN或AlGaN中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述第一p型氮化鎵系半導體層之碳濃度較佳為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。根據該製造方法，尤其於製造長波長之發光元件時，要求降低p層半導體之成長溫度，因此碳雜質之濃度增加。根據發明者等人之見解，於在氮氣環境中成長之第一p型氮化鎵系半導體層中，不僅可降低氧濃度，亦可降低碳濃度。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述第III族氮化物半導體區域之表面粗糙度以算術平均粗糙度計可為1 nm以下。根據該製造方法，藉由在氮氣環境中之成長而實現低氧濃度之成膜可降低算術平均粗糙度。

於本發明之另一態樣之製造方法中，上述第III族氮化物半導體區域可更包含第二p型氮化鎵系半導體層，上述第二p型氮化鎵系半導體層可含有銦作為第III族構成元素，於上述第二p型氮化鎵系半導體層之成長中，可將用於上述第二p型氮化鎵系半導體層之第III族構成元素及第V族構成元素的原料氣體與第2環境氣體供給至成長爐中，可使用氮氣作為上述第2環境氣體，上述第二p型氮化鎵系半

導體層之氧濃度可為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第二p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比 (N_{oxg}/N_{pd}) 可為 1/10 以下。

根據該製造方法，於含有銦作為第III族構成元素之p型氮化鎵系半導體層中，亦可降低氧濃度，並且亦可將濃度比 (N_{oxg}/N_{pd}) 降低至 1/10 以下為止。因此，可提高該p型第III族氮化物半導體之電氣特性。

本發明之又一態樣係關於一種用於第III族氮化物半導體元件之磊晶基板。該磊晶基板包括：(a)基板，其含有包含第1氮化鎵系半導體之主面、且具有導電性；以及(b)第III族氮化物半導體區域，其包含第一p型氮化鎵系半導體層、且設置於上述主面上。上述基板之上述主面自與沿該第1氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜，上述第一p型氮化鎵系半導體層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第一p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比 (N_{oxg}/N_{pd}) 為 1/10 以下。

根據該磊晶基板，將第一p型氮化鎵系半導體層設置於基板之主面上，該主面自與沿基板之第1氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜。於該角度範圍內，因第一p型氮化鎵系半導體層中之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，故可減少藉由第一p型氮化鎵系半導體層中所含有之氧而補償第一p型氮化鎵系半導體層中之p型摻雜物的情況。又，由於濃度比

(Noxg/ Npd)為1/10以下，因此可降低p型摻雜物濃度Npd。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述第一p型氮化鎵系半導體層不含銦作為第III族構成元素。

根據該磊晶基板，於不含銦作為第III族構成元素之氮化鎵系半導體中，可降低氧濃度，又，可降低濃度比。

本發明之又一態樣之磊晶基板可更包括設置於上述主面上之n型氮化鎵系半導體層、及用於發光層之氮化鎵系半導體層。上述發光層可設置於上述p型氮化鎵系半導體層與上述n型氮化鎵系半導體層之間，該第III族氮化物半導體元件可為發光元件。根據該磊晶基板，於發光元件中可提高p型氮化鎵系半導體層之電氣特性。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述發光層之發光波長可為440 nm以上、600 nm以下。根據該磊晶基板，於產生上述發光波長範圍之光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之電氣特性。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述發光層之發光波長可為490 nm以上、600 nm以下。根據該磊晶基板，於提供長波長之發光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之電氣特性。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述第III族氮化物半導體區域之整體可具有p型導電性，上述第III族氮化物半導體區域之氧濃度可為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第III族氮化物半導體區域之p型摻雜物濃度Npd與上述氧濃度Noxg之比(Noxg/Npd)可為1/10以下。

根據該磊晶基板，除作為高摻雜物濃度之p型半導體區域以外，於整個第III族氮化物半導體區域中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。可提高構成該電流路徑之p型第III族氮化物半導體之特性。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可包含GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN。根據該磊晶基板，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述第一p型氮化鎵系半導體層可包含GaN或AlGaN。根據該磊晶基板，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN或AlGaN中，氧濃度降低，並且比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述第一p型氮化鎵系半導體層之碳濃度可為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。根據該磊晶基板，尤其於製造長波長之發光元件時，要求降低p層半導體之成長溫度，因此碳雜質之濃度增加。根據發明者等人之見解，於在氮氣環境中成長之第一p型氮化鎵系半導體層中，不僅可降低氧濃度，亦可降低碳濃度。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述第III族氮化物半導體區域可更包含設置於上述主面上之第二p型氮化鎵系半導體層，上述第二p型氮化鎵系半導體層之氧濃度可為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，上述第二p型氮化鎵系半導體層可含

有銦作為第III族構成元素，上述第二p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})可為1/10以下。

根據該磊晶基板，於含有銦作為第III族構成元素之p型氮化鎵系半導體層中，亦可降低氧濃度，並且亦可將濃度比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。因此，可提高該p型第III族氮化物半導體之特性。

於本發明之又一態樣之磊晶基板中，上述磊晶基板之表面粗糙度以算術平均粗糙度計可為1 nm以下。根據該磊晶基板，實現低氧濃度之成膜條件可降低磊晶基板之表面之算術平均粗糙度。

本發明之上述目的及其他目的、特徵、以及優勢根據參照隨附圖式而進行之本發明之實施形態之以下的詳細記述而更容易變得明確。

發明之效果

如以上所說明般，根據本發明之一態樣，提供一種具有氧濃度降低之p型氮化鎵系半導體層之第III族氮化物半導體元件。又，根據本發明之另一態樣，提供一種可降低氧雜質之混入量之製造第III族氮化物半導體元件之方法。進而，根據本發明之又一態樣，提供一種用於第III族氮化物半導體元件之磊晶基板。

【實施方式】

本發明之知識見解可藉由參照作為例示所示之隨附圖式，考慮以下詳細之記述而容易地理解。以下，一面參照

隨附圖式，一面說明第III族氮化物半導體元件、磊晶基板、製造第III族氮化物半導體元件之方法、及製造磊晶基板之方法之實施形態。於可能之情形時，相同之部分係附以相同之符號。

圖1係概略性地表示本實施形態之第III族氮化物半導體元件之結構及用於第III族氮化物半導體元件之磊晶基板之結構的圖式。於以下說明中，關於第III族氮化物半導體元件11，例如對發光二極體、雷射二極體(Laser Diode)等發光元件進行說明，但本實施形態可應用於包含p型第III族氮化物半導體之第III族氮化物半導體元件。

於圖1中，於圖1之(a)部中表示第III族氮化物半導體元件11，於圖1之(b)部中表示用於第III族氮化物半導體元件11之磊晶基板EP。磊晶基板EP具有與第III族氮化物半導體元件11相同之磊晶層結構。於下述說明中，對構成第III族氮化物半導體元件11之半導體層進行說明。磊晶基板EP含有與該等半導體層對應之半導體層(半導體膜)，用於第III族氮化物半導體元件11之說明適用於對應之半導體層。

參照圖1，示有座標系統S及結晶座標系統CR。基板13之主面13a朝向Z軸之方向，又，於X方向及Y方向延伸。X軸朝向a軸之方向。

如圖1之(a)部所示，第III族氮化物半導體元件11包含基板13、n型第III族氮化物半導體磊晶區域(以下記作「n型第III族氮化物半導體區域」)15、發光層17、及p型第III族氮化物半導體磊晶區域(以下記作「p型第III族氮化物半導

體區域」)19。基板13具有包含第1氮化鎵系半導體之主面13a，又，顯示導電性。基板13之主面13a自與沿該第1氮化鎵系半導體之c軸而延伸之基準軸Cx正交之面Sc，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜。n型第III族氮化物半導體區域15可含有一個或複數個n型氮化鎵系半導體層，並可設置於主面13a上。n型第III族氮化物半導體區域15例如可含有n型緩衝層、n型披覆層、n型光導層。p型第III族氮化物半導體區域19可含有一個或複數個p型氮化鎵系半導體層。p型第III族氮化物半導體區域19例如含有第一p型氮化鎵系半導體層21，且設置於主面13a上。第一p型氮化鎵系半導體層21之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第一p型氮化鎵系半導體層21之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與氧濃度 N_{oxg} 之濃度比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。又，於本實施例中，第III族氮化物半導體區域19可含有第二p型氮化鎵系半導體層23。p型第III族氮化物半導體區域19例如可含有p型電子阻擋層、p型光導層、p型披覆層、p型接觸層。

根據該第III族氮化物半導體元件11，第一p型氮化鎵系半導體層21可設置於基板13之主面13a上。該主面13a以與基準軸Cx正交之面Sc為基準，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜。因第一p型氮化鎵系半導體層21中之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，故可降低藉由第一p型氮化鎵系半導體層21中所含有之氧而補償第一p型氮化鎵系半導體層21中之p型摻雜物的情況。又，因濃度比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下，故可降低p型摻雜物濃度 N_{pd} 。

第一及第二p型氮化鎵系半導體層21、23可包含GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN。於本實施例中，於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN中，氧濃度降低，並且濃度比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

第一p型氮化鎵系半導體層21較佳為不含銦作為第III族構成元素。藉此，於不含銦作為第III族構成元素之氮化鎵系半導體中，可降低氧濃度，又，可降低p型摻雜物濃度 N_{pd} 。於進而較佳之實施例中，第一p型氮化鎵系半導體層21可包含GaN或AlGaN等。於成長於並非極性面之第III族氮化物半導體表面上之GaN或AlGaN中，氧濃度降低，並且濃度比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。

另一方面，第二p型氮化鎵系半導體層23較佳為含有銦作為第III族構成元素。藉此，於含有銦作為第III族構成元素之氮化鎵系半導體中，可降低氧濃度，又，可降低p型摻雜物濃度 N_{pd} 。第二p型氮化鎵系半導體層23之氧濃度可為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第二p型氮化鎵系半導體層23可含有銦作為第III族構成元素，又，可包含例如InGaN或InAlGaN等。於第二p型氮化鎵系半導體層23中，p型摻雜物濃度 N_{pd} 與氧濃度 N_{oxg} 之濃度比(N_{oxg}/N_{pd})可為1/10以下。於含有銦作為第III族構成元素之p型氮化鎵系半導體層23中，亦可降低氧濃度，並可將濃度比(N_{oxg}/N_{pd})降低至1/10以下為止。因此，可提高該p型第III族氮化物半導體之特性。

於第一及第二p型氮化鎵系半導體層21、23中，可使用鎂(Mg)、鋅(Zn)等作為p型摻雜物，p型摻雜物濃度例如較佳為 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上，其原因在於，若為低於此之摻雜濃度，則電阻增加，電氣特性惡化。又，p型摻雜物濃度例如較佳為 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下，其原因在於，若為此以上之摻雜濃度，則結晶性惡化，電氣特性惡化。可使該等層21、23中之p型摻雜物濃度小於p型接觸層25中之p型摻雜物濃度。

p型第III族氮化物半導體積層26於本實施例中包含第一及第二p型氮化鎵系半導體層21、23兩層。p型第III族氮化物半導體積層26與接觸層25形成第1接合J1，並且與發光層17形成第2接合J2。根據上述說明可理解，於p型第III族氮化物半導體積層26之整體上，氧濃度較佳為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第III族氮化物半導體積層26之p型摻雜物濃度Npd與該氧濃度Noxg之濃度比(Noxg/Npd)可為1/10以下。除作為高摻雜物濃度之p型半導體區域25以外，於整個第III族氮化物半導體區域26中，氧濃度降低，並且比(Noxg/Npd)降低至1/10以下為止。可提高構成自陽極之電流路徑之p型第III族氮化物半導體之電氣特性。

第一p型氮化鎵系半導體層21之碳濃度可為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。尤其是於長波長中之發光元件之製造中，要求降低p層半導體之成長溫度，因此碳雜質之濃度增加。根據發明者等人之知識見解，於在氮氣環境中成長之第一p型氮化鎵系半導體層21中，不僅可降低氧濃度，亦可降低碳濃

度。尤其是於長波長中之發光元件之製造中，要求降低p層半導體之成長溫度，因此碳雜質之濃度增加。根據發明者等人之知識見解，於在氮氣環境中成長之第二p型氮化鎵系半導體層23中，不僅可降低氧濃度，亦可降低碳濃度。又，第二p型氮化鎵系半導體層23之碳濃度可為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

基板13包含第1氮化鎵系半導體，例如可為GaN、InGaN、AlGaN等。由於GaN係作為二元化合物之氮化鎵系半導體，故而可提供良好之結晶品質與穩定之基板主面。又，第1氮化鎵系半導體例如可包含AlN等。

基板13之c面沿圖1所示之平面Sc延伸。於平面Sc上示有用以表示六方晶體系氮化鎵系半導體之結晶軸的座標系統CR(c軸、a軸、m軸)。基板13之主面13a以與基準軸Cx正交之面為基準，於該第1氮化鎵系半導體之m軸或a軸之方向以傾斜角 α 傾斜。傾斜角 α 係藉由基板13之主面13a之法線向量VN與表示基準軸Cx之c軸部向量VC所成之角度而規定。於主面13a上，活性層17係設置於n型氮化鎵系半導體區域15與p型氮化鎵系半導體區域19之間，n型氮化鎵系半導體區域15、活性層17及p型氮化鎵系半導體區域19係排列於法線軸Ax之方向。

於良好之實施例中，傾斜角 α 之範圍可分為顯示半極性之特徵之平面方向之第1角度範圍，與顯示接近無極性之特徵之平面方向之第2角度範圍。第1角度範圍例如為50度以上80度以下，又，為100度以上未達130度。於第1角度

範圍中，具有尤其是可提高In組成較高之InGa_N之結晶性的優勢，又，於第2角度範圍中，具有尤其是可抑制In組成較高之InGa_N之壓電電場的優勢。

發光層17含有活性層27，於需要之情形時可含有n側光導層29及p側光導層31。活性層27至少含有一個半導體磊晶層33。半導體磊晶層33設置於氮化鎵系半導體磊晶區域15上。半導體磊晶層33例如包含AlGa_N、Ga_N、InGa_N、InAlGa_N等，又，可包含含有銦之第2氮化鎵系半導體。活性層27可含有其他半導體磊晶層35。其他半導體磊晶層35例如包含AlGa_N、Ga_N、InGa_N、InAlGa_N等，又，可包含含有銦之第3氮化鎵系半導體。其他半導體磊晶層35具有大於半導體磊晶層33之帶隙的帶隙。於一實施例中，半導體磊晶層33作為井層而發揮作用，半導體磊晶層35作為障壁層而發揮作用。活性層27可具有單一或多重之量子井結構。

發光層17(活性層27)之發光波長例如可為440 nm以上、600 nm以下。於產生上述發光波長範圍之光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之電氣特性。又，發光層17(活性層27)之發光波長可為490 nm以上、600 nm以下。藉此，於提供長波長之發光之發光元件中，可提高p型氮化鎵系半導體之特性。

表示本實施形態中之一實施例。

半導體層15：n型InAlGa_N披覆層。

半導體層21：p型Ga_N電子阻擋層。

半導體層 23：p型 InAlGa_N 披覆層。

半導體層 25：p型 GaN 接觸層。

半導體層 29：n側非摻雜 InGa_N 光導層。

半導體層 31：p側非摻雜 InGa_N 光導層。

於需要之情形時，n型第III族氮化物半導體區域15可含有n側光導層29及n型光導層，又，p型第III族氮化物半導體區域19可含有p側光導層31及p型光導層。

第III族氮化物半導體元件11之磊晶基板EP含有與該等半導體層對應之半導體層(半導體膜)，用於第III族氮化物半導體元件11之說明適用於對應之半導體層。該磊晶基板EP之表面粗糙度以算術平均粗糙度計為1 nm以下。第III族氮化物半導體元件11可含有設置於接觸層25上之第1電極37(例如陽極)，第1電極37經由披覆接觸層25之絕緣膜39之開口39a而與p型第III族氮化物半導體區域19(接觸層25)形成接觸JC。作為電極，例如可使用Ni/Au。第III族氮化物半導體元件11可含有設置於基板13之背面13b上之第2電極41(例如陰極)，第2電極41例如可包含Ti/Al。

圖2及圖3係表示本實施形態之製造第III族氮化物半導體元件及磊晶基板之方法中之主要步驟的圖式。圖4及圖5係示意性地表示本實施形態之製造第III族氮化物半導體元件及磊晶基板之方法中之主要步驟中之產品的圖式。

根據圖2及圖3所示之步驟流程，藉由有機金屬氣相沈積法，於基板上製造發光元件之結構之磊晶基板及第III族氮化物半導體光元件。使用三甲基鎵(TM_G)、三甲基銦

(TMI)、三甲基鋁(TMA, trimethyl aluminium)、氨(NH_3)、矽烷(SiH_4)、雙環戊二烯基鎂(Cp_2Mg)作為用於磊晶成長之原料。

於步驟S101中，準備具有包含氮化鎵系半導體之主面的基板(圖4之(a)部所示之基板51)。該基板51之主面之法線軸具有相對於氮化鎵系半導體之c軸，自50度起未達130度之角度範圍內之傾斜角。於本實施例中，基板51具有向六方晶體系GaN中之m軸方向自c面起以75度之角度傾斜之主面，該傾斜面係作為{20-21}面而表示。主面經鏡面研磨。

於基板51上於以下之條件下進行磊晶成長。首先，於步驟S102中，將基板51設置於成長爐10內。於成長爐10內例如配置有石英流道等石英制之夾具。於需要之情形時，一面於攝氏1050度之溫度及27 kPa之爐內壓力下將含有 NH_3 與 H_2 之熱處理氣體供給至成長爐10中，一面進行10分鐘熱處理。藉由該熱處理，產生表面改性。

於該熱處理之後，於步驟S103中，於基板51上使第III族氮化物半導體層成長，形成磊晶基板。首先，於步驟S104中，將含有用於第III族構成元素及第V族構成元素之原料、及n型摻雜物之原料氣體以及環境氣體供給至成長爐10中，使第III族氮化物半導體區域53成長為磊晶。第III族氮化物半導體區域53之主面53a之傾斜角與基板51之主面51a之傾斜角對應。第III族氮化物半導體區域53可含有一個或複數個第III族氮化物半導體層。環境氣體含有載氣、次流氣體(Subflow Gas)。環境氣體例如可含有氮氣及/或

氮氣。於本實施例中，例如使以下之氮化鎵系半導體區域成長。於攝氏950度下，將TMG、 NH_3 、 SiH_4 及氮氣及/或氫氣供給至成長爐10中，使摻雜Si之GaN層55a成長。繼而，於攝氏870度之基板溫度下，將TMG、TMI、TMA、 NH_3 、 SiH_4 及氮氣供給至成長爐10中，使摻雜Si之InAlGaIn層55b成長。其後，於攝氏1050度下，將TMG、 NH_3 、 SiH_4 及氮氣及/或氫氣供給至成長爐10中，使摻雜Si之GaIn層55c成長。於具有還原性之氮氣環境下，氧變得容易自成長爐內之夾具或夾具之附著物脫離。

於步驟S105中，使發光層57成長。於該步驟中，首先，於步驟S106中，於攝氏870度之基板溫度下，將TMG、TMI、 NH_3 及氮氣供給至成長爐中，使InGaIn光導層59a成長。光導層59a之一部分或全部可為非摻雜或n型導電性。

繼而，使活性層59b成長。於活性層59b之成長中，於步驟S107中，將TMG、TMI、 NH_3 及環境氣體之氮氣供給至成長爐中，使非摻雜InGaIn障壁層61a成長。InGaIn層61a之厚度為15 nm。於該成長後，中斷成長，將基板溫度自障壁層之成長溫度變更為井層之成長溫度。於變更後，於步驟S108中，將TMG、TMI、 NH_3 及環境氣體之氮氣供給至成長爐10中，使非摻雜InGaIn井層61b成長。InGaIn井層61b之厚度為3 nm。於需要之情形時，可重複障壁層之成長、溫度變更、井層之成長，於本實施例中，量子井結構含有3層井層。於步驟S109中，於攝氏870度之基板溫度下，將TMG、TMI、 NH_3 及環境氣體之氮氣供給至成長爐

10 中，使 InGa_N 光導層 59c 成長。光導層 59c 之一部分或全部可為非摻雜或 p 型導電性。發光層 57 及活性層 59b 之主面之傾斜角與基板 51 之主面 51a 之傾斜角對應。

於步驟 S110 中，將含有第 III 族原料、第 V 族原料、及 p 型摻雜物之原料氣體以及環境氣體供給至成長爐 10 中，使第 III 族氮化物半導體區域 63 成長為磊晶。第 III 族氮化物半導體區域 63 之主面 63a 之傾斜角與基板 51 之主面 51a 之傾斜角對應。第 III 族氮化物半導體區域 63 可含有一個或複數個第 III 族氮化物半導體層。於本實施例中，使以下之氮化鎵系半導體區域成長。

例如，於發光層 57 之成長後，停止 TMG 之供給，使基板溫度上升。將 TMG、NH₃、Cp₂Mg 及環境氣體供給至成長爐中，於攝氏 840 度之基板溫度下使 p 型 GaN 電子阻擋層 65a 成長。於該成長中，較佳為供給環境氣體之氮氣。繼而，將 TMG、TMI、NH₃、Cp₂Mg 及氮氣供給至成長爐 10 中，於攝氏 840 度之基板溫度下使摻雜 Mg 之 InGa_N 光導層 65b 成長。其後，於攝氏 840 度下，將 TMG、NH₃、Cp₂Mg 及環境氣體供給至成長爐 10 中，使摻雜 Mg 之 GaN 光導層 65c 成長。於該成長中，較佳為供給氮氣作為環境氣體。並且，於攝氏 870 度之基板溫度下，將 TMG、TMI、TMA、NH₃、Cp₂Mg 及氮氣供給至成長爐 10 中，使摻雜 Mg 之 InAlGa_N 披覆層 65d 成長。繼而，於攝氏 870 度下，將 TMG、NH₃、Cp₂Mg 及環境氣體供給至成長爐 10 中，使摻雜高濃度 Mg 之 GaN 接觸層 65e 成長。於該成長中，較佳為

供給氮氣作為環境氣體。於該等步驟之後，形成磊晶基板EP1。

於步驟S111中，於磊晶基板EP1上形成電極。電極之形成係以如下方式進行。例如，於p型Ga_N接觸層65e上形成電極(Ni/Au)之同時，於磊晶基板EP1之背面上形成電極(Ti/Al)。於形成電極之前，可加工磊晶基板EP1，形成脊形結構(Ridge Structure)。

於步驟S110中之p型第III族氮化物半導體區域63之磊晶成長時，可如圖5所示以如下之方式進行。

於一實施例中，第III族氮化物半導體區域63可包含含有銦作為第III族構成元素之一個或複數個p型氮化鎵系半導體層(稱為「p型氮化鎵系半導體層63A」)、及/或不含銦作為第III族構成元素之一個或複數個p型氮化鎵系半導體層(稱為「p型氮化鎵系半導體層63B」)。如圖5之(a)部所示，於步驟S112中，於氮氣環境下形成所有p型氮化鎵系半導體層63A。藉由各成長，p型氮化鎵系半導體層63A之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，p型氮化鎵系半導體層63A之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。又，如圖5之(b)部所示，於步驟S113中，進行於氮氣環境下形成p型氮化鎵系半導體層63B中之一部分之層63C的步驟。藉由該成長，p型氮化鎵系半導體層63C之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，p型氮化鎵系半導體層63C之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。又，如圖5之(c)部所示，進行於氮氣環境下形成p型氮化鎵

系半導體層 63B 中之剩餘之層 63D 的步驟。於第 III 族氮化物半導體區域 63 之成長中，可重新編排層 63A、63C、63D 之成長之順序。

於另一實施例中，第 III 族氮化物半導體區域 65 可包含含有銦作為第 III 族構成元素之一個或複數個 p 型氮化鎵系半導體層(稱為「p 型氮化鎵系半導體層 65A」)、與不含銦作為第 III 族構成元素之一個或複數個 p 型氮化鎵系半導體層(稱為「p 型氮化鎵系半導體層 65B」)。如圖 5 之 (d) 部所示，於步驟 S114 中，於氮氣環境下形成所有 p 型氮化鎵系半導體層 65A。藉由該成長，p 型氮化鎵系半導體層 65A 之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，p 型氮化鎵系半導體層 65A 之 p 型摻雜物濃度 N_{pd} 與氧濃度 N_{oxg} 之比 (N_{oxg}/N_{pd}) 為 1/10 以下。又，如圖 5 之 (e) 部所示，於步驟 S115 中，於氮氣環境下形成 p 型氮化鎵系半導體層 65B。藉由該成長，p 型氮化鎵系半導體層 65B 之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，p 型氮化鎵系半導體層 65B 之 p 型摻雜物濃度 N_{pd} 與氧濃度 N_{oxg} 之比 (N_{oxg}/N_{pd}) 為 1/10 以下。於第 III 族氮化物半導體區域 65 之成長中，可重新編排層 65A、65B 之成長之順序。

於又一實施例中，第 III 族氮化物半導體區域 67 可包含含有銦作為第 III 族構成元素之一個或複數個 p 型氮化鎵系半導體層(稱為「p 型氮化鎵系半導體層 67A」)、不含銦作為第 III 族構成元素之一個或複數個 p 型氮化鎵系半導體層(稱為「p 型氮化鎵系半導體層 67B」)、及 p 型接觸層 67C。如圖 5 之 (f) 部所示，於步驟 S116 中，於氮氣環境下形成所有 p

型氮化鎵系半導體層67A，並且於氮氣環境下形成所有p型氮化鎵系半導體層67B。藉由氮氣環境中之p型氮化鎵系半導體層67A、67B之成長，該等層67A、67B之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下，該等層67A、67B之p型摻雜物濃度Npd與氧濃度Noxg之比(Noxg/Npd)為1/10以下。於步驟S117中，形成p型氮化鎵系半導體接觸層67C。又，該接觸層67C亦可於氮氣環境下形成，於該成長中，接觸層67C之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

於成長爐之石英管中，供給有用於第III族構成元素及第V族構成元素之原料氣體及環境氣體。於不含銦作為第III族構成元素之p型氮化鎵系半導體層之成長中，環境氣體之比例(環境氣體/(環境氣體+原料氣體))可為60%以上。此處，百分率為體積百分數。以下，對本實施形態中之實施例進行說明。

(實施例1)

製造如圖6之(a)部所示之元件結構之雷射二極體。於圖6之(b)部示有磊晶結構之構成層之環境氣體。準備{20-21}面GaN基板。於該GaN基板上，利用有機金屬氣相沈積法形成磊晶積層。於p型氮化鎵系半導體層之成長中，不含銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長。又，含有銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長。於磊晶積層上形成具有寬度為10 μm 之條狀窗口之絕緣膜(二氧化矽膜)。藉由蒸鍍形成Pd電極作

為陽極電極。其後，藉由蒸鍍形成焊墊電極。以600 μm 間隔分離如此製造之基板產品，製造雷射條(Laser Bar)。於雷射條之共振器端面上將包含介電質多層膜之反射膜成膜。介電質多層膜包含 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 。前端面之反射率為80%，後端面之反射率為95%。於波長520 nm下以臨限值電流4 kA/cm^2 振盪，動作電壓為8.5伏。

參照圖6之(b)部，示有鎂濃度、氧濃度、及該等之O/Mg比率(氧濃度/鎂濃度)。於圖6之(b)部中，例如「3e20」表示 3×10^{20} 。

含有銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型InGa N 、p型InAlGa N 之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長，該氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。又，O/Mg比率為0.1以下。該成膜條件中，V/III比為自5000至10000左右。另一方面，於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之p型氮化鎵系半導體層(不含銦(In)之氮化鎵系半導體層)之成長中，氧濃度較高。

(實施例2)

製造圖7之(a)部所示之元件結構之雷射二極體。於圖7之(b)部中，示有磊晶結構之構成層之環境氣體。準備{20-21}面Ga N 基板。於該Ga N 基板上利用有機金屬氣相沈積法形成磊晶積層。於p型氮化鎵系半導體層之成長中，不含銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於供給氮氣或氫氣作為環境氣體而形成之環境中成長。又，含有銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成

之環境中成長。與實施例1同樣地於磊晶積層上製造絕緣膜、陽極電極等，從而製造基板產品。以600 μm 間隔分離該基板產品，製造雷射條。與實施例1同樣地將包含介電質多層膜之反射膜於雷射條之共振器端面成膜。於波長520 nm下以臨限值電流4 kA/cm^2 振盪，動作電壓為8.0伏。

參照圖7之(b)部，示有鎂濃度、氧濃度、及該等之O/Mg比率(氧濃度/鎂濃度)。

含有銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型InGa_N、p型InAlGa之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長，O/Mg比率為0.1以下。該成膜條件中，V/III比為自5000至10000左右。

不含銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型Ga_N光導層之成長係僅供給氮氣作為環境氣體而形成，另一方面，剩餘之不含銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p⁺型Ga_N接觸層及p型Ga_N電子阻擋層之成長係於氮氣環境中成長。於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之p型Ga_N層之成長中，氧濃度較低，O/Mg比率為0.1以下。然而，於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之p型Ga_N電子阻擋層、p⁺Ga_N接觸層之成長中，氧濃度較高。

(實施例3)

製造圖8之(a)部所示之元件結構之雷射二極體。於圖8之(b)部中，示有磊晶結構之構成層之環境氣體。準備{20-21}面Ga_N基板。於該Ga_N基板上利用有機金屬氣相沈積法形成磊晶積層。於p型氮化鎵系半導體層之成長中，不含

銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於供給氮氣或氫氣作為環境氣體而形成之環境中成長。又，含有銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長。與實施例1同樣地於磊晶積層上製造絕緣膜、陽極電極等而製造基板產品。以600 μm 間隔分離該基板產品，製造雷射條。與實施例1同樣地將包含介電質多層膜之反射膜於雷射條之共振器端面上成膜。於波長520 nm下以臨限值電流4 kA/cm^2 振盪，動作電壓為7.5伏。

參照圖8之(b)部，示有鎂濃度、氧濃度、及該等之O/Mg比率(氧濃度/鎂濃度)。含有銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型InGaN、p型InAlGaN之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長，O/Mg比率為0.1以下。不含銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型GaN光導層及p型GaN電子阻擋層之成長係僅供給氮氣作為環境氣體而形成，另一方面，剩餘之不含銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p+型GaN接觸層之成長係於氮氣環境中成長。於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之p型GaN光導層及p型GaN電子阻擋層之成長中，氧濃度較低，O/Mg比率為0.1以下。該成膜條件中，V/III比為5000至10000左右。然而，於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之p+GaN接觸層之成長中，氧濃度較高。

(實施例4)

製造圖9之(a)部所示之元件結構之雷射二極體。於圖9之(b)部示有磊晶結構之構成層之環境氣體。準備{20-21}面

GaN基板。於該GaN基板上利用有機金屬氣相沈積法形成磊晶積層。於p型氮化鎵系半導體層之成長中，不含銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長。又，含有銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長。與實施例1同樣地於磊晶積層上製造絕緣膜、陽極電極等而製造基板產品。以600 μm間隔分離該基板產品，製造雷射條。與實施例1同樣地將包含介電質多層膜之反射膜於雷射條之共振器端面上成膜。於波長520 nm下以臨限值電流4 kA/cm²振盪，動作電壓為7.0伏。

參照圖9之(b)部，示有鎂濃度、氧濃度、及該等之O/Mg比率(氧濃度/鎂濃度)。含有銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型InGaN、p型InAlGaN之成長係於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長，O/Mg比率為0.1以下。該成膜條件中，V/III比為5000至10000左右。不含銦(In)之氮化鎵系半導體層、例如p型GaN光導層、p型GaN電子阻擋層及P+GaN接觸層之成長係僅供給氮氣作為環境氣體而形成，所有p型氮化鎵系半導體層之成長均於氮氣環境中成長。於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之p型GaN光導層、p型GaN電子阻擋層及p+GaN接觸層之成長中，氧濃度較低，O/Mg比率為0.1以下。

(實施例5)

製造圖10之(a)部所示之元件結構之雷射二極體。於圖10之(b)部示有磊晶結構之構成層之環境氣體。準備{20-21}面

GaN基板。於該GaN基板上利用有機金屬氣相沈積法形成磊晶積層。不含銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長、及含有銦(In)之氮化鎵系半導體層之成長係於供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長。磊晶基板之表面粗糙度以算術平均粗糙度計為1 nm以下。與實施例1同樣地於磊晶積層上製造絕緣膜、陽極電極等而製造基板產品。以600 μm間隔分離該基板產品，製造雷射條。於雷射條之共振器端面上，與實施例1同樣地將包含介電質多層膜之反射膜成膜。於波長520 nm下以臨限值電流4 kA/cm²振盪，動作電壓為6.5伏。

p型及n型氮化鎵系半導體層之成長係供給氮氣作為環境氣體而形成。於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮化鎵系半導體層之成長中，氧濃度較低，O/Mg比率為0.1以下。

除驅動電壓降低，亦可獲得如下技術上之貢獻。例如，載氣之切換次數減少，成長中所生成之微粒等垃圾減少。又，界面之雜質減少。由於使用氮載氣，故而磊晶表面平坦化，表面形態得到改善。藉此，晶片良率及元件可靠性提高。進而，可降低p型半導體層之成長溫度，p型半導體層之成長中之井層之劣化降低。

根據實施例1~5之結果可理解，於不論含有或不含銦(In)之p型氮化鎵系半導體層中，於僅供給氮氣作為環境氣體而形成之氮氣環境中成長之p型氮化鎵系半導體層之成長中，O/Mg比率為0.1以下。

發明者等人雖嘗試選定高純度之原料、清洗磊晶成長前之基板、清洗夾具等用以降低氧濃度之各種方法，但任一者均無充分之效果。

根據發明者等人之研究，顯示若比較作為極性面之c面與半極性面，則半極性面與c面相比，混入高1位數左右之氧。因此，於成長於c面上時，氧雜質之混入未對磊晶成長膜之品質產生大影響。然而，於成長於半極性面時，成為尤其是使p型半導體層之電氣特性惡化之原因。

然而，於進行如上所述之用以改善之實驗時，發現使含有In之氮化鎵系半導體層於氮氣環境中成長，該氮化鎵系半導體層之氧濃度與其他於氮氣環境下成長之不含In之層相比，氧濃度較低。因此，於使不含In之氮化鎵系半導體層於氮氣環境下成長時，可降低該氮化鎵系半導體層之氧濃度。藉此，可降低半導體元件之內部電阻。根據實驗，可降低於氮氣環境下成長之氮化鎵系半導體層之氧濃度，可製造低電阻之半導體元件。

根據發明者等人之研究，認為作為氧之供給源，供給至成長爐之原料等氣體中之雜質與此外之夾具等為供給源。於原料中之雜質為氧之供給源時，認為「原料中之氧濃度」與「結晶中之氧混入係數」為因素。根據發明者等人之實驗，於原料氣體之純度下降之成膜中，利用氮氣環境、氮氣環境之任一者，磊晶半導體結晶中之氧濃度均增加。根據其結果，認為「結晶中之氧混入係數」不取決於環境氣體。

另一方面，認為於氧源於原料以外時，因素為爐內之夾具、儲存物(Depot)、清洗劑殘渣等「氧源」、「自氧源之氧脫離係數」、「結晶中之氧混入係數」。如上所述，「結晶中之氧混入係數」不取決於環境氣體。因此，剩餘之「結晶中之氧混入係數」因環境氣體而變化。氮氣為還原性之氣體，使氧自儲存物等不期望之堆積物中脫離。認為該氧為混入磊晶結晶中者。因此，較佳為使用氮氣作為環境氣體(載氣及次流氣體)。

於上述實施形態中，對本發明之原理進行圖示並說明，但業者應理解，本發明可不脫離此類原理而於配置及詳情中進行變更。本發明並非限定於本實施形態所揭示之特定之構成。因此，對自專利申請之範圍及其精神之範圍中所產生之所有修正及變更申請權力。

產業上之可利用性

根據本實施之形態，提供一種具有氧濃度降低之p型氮化鎵系半導體層之第III族氮化物半導體元件。又，根據本實施形態，提供一種可降低氧雜質之混入量之製造第III族氮化物半導體元件之方法。進而，根據本實施形態，提供一種用於第III族氮化物半導體元件之磊晶基板。

【圖式簡單說明】

圖1(a)、(b)係概略性地表示本實施形態之第III族氮化物半導體元件之結構及用於第III族氮化物半導體元件之磊晶基板之結構之圖式。

圖2係表示本實施形態之製造第III族氮化物半導體元件

及磊晶基板之方法中之主要步驟之圖式。

圖3係表示本實施形態之製造第III族氮化物半導體元件及磊晶基板之方法中之主要步驟之圖式。

圖4(a)~(c)係示意性地表示本實施形態之製造第III族氮化物半導體元件及磊晶基板之方法中之主要步驟中之產品的圖式。

圖5(a)~(f)係示意性地表示本實施形態之製造第III族氮化物半導體元件及磊晶基板之方法中之主要步驟中之產品的圖式。

圖6(a)、(b)係表示實施例1之雷射二極體之元件結構、及用於該元件之磊晶構成層之環境氣體、p型摻雜物濃度、氧濃度及O/Mg的圖式。

圖7(a)、(b)係表示實施例2之雷射二極體之元件結構、及用於該元件之磊晶構成層之環境氣體、p型摻雜物濃度、氧濃度及O/Mg比的圖式。

圖8(a)、(b)係表示實施例3之雷射二極體之元件結構、及用於該元件之磊晶構成層之環境氣體、p型摻雜物濃度、氧濃度及O/Mg比率的圖式。

圖9(a)、(b)係表示實施例4之雷射二極體之元件結構、及用於該元件之磊晶構成層之環境氣體、p型摻雜物濃度、氧濃度及O/Mg比的圖式。

圖10(a)、(b)係表示實施例5之雷射二極體之元件結構、及磊晶結構之構成層之環境氣體的圖式。

【主要元件符號說明】

10	成長爐
11	第III族氮化物半導體元件
13	基板
13a	基板之主面
13b	基板之背面
15	n型第III族氮化物半導體區域
17	發光層
19	p型第III族氮化物半導體區域
21	第一p型氮化鎵系半導體層
23	第二p型氮化鎵系半導體層
25	p型接觸層
26	p型第III族氮化物半導體積層
27	活性層
29	n側光導層
31	p側光導層
33	半導體磊晶層
35	半導體磊晶層
37	第1電極
39	絕緣膜
39a	絕緣膜之開口
41	第2電極
51	基板
53	第III族氮化物半導體區域
55a	摻雜Si之GaN層

55b	摻雜 Si 之 InAlGa _N 層
55c	摻雜 Si 之 Ga _N 層
59a	InGa _N 光 導 層
59b	活 性 層
59c	InGa _N 光 導 層
61a	非 摻 雜 InGa _N 障 壁 層
61b	非 摻 雜 InGa _N 井 層
65a	p 型 Ga _N 電 子 阻 擋 層
65b	摻 雜 Mg 之 InGa _N 光 導 層
65c	摻 雜 Mg 之 Ga _N 光 導 層
65d	摻 雜 Mg 之 InAlGa _N 披 覆 層
65e	摻 雜 高 濃 度 Mg 之 Ga _N 接 觸 層
a 、 c 、 m	軸
AX	法 線 軸
CR	結 晶 座 標 系 統
C _x	基 準 軸
EP	磊 晶 基 板
EP1	磊 晶 基 板
J1	第 1 接 合
J2	第 2 接 合
JC	接 觸
S	座 標 系 統
SC	與 基 準 軸 正 交 之 面
VC	c 軸 部 向 量

201234415

VN

之法線向量

α

傾斜角

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： 100140401

H01L 21/08 (2006.01)

※ 申請日： 100.11.4

※IPC 分類：H01L 21/18 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 33/30 (2010.01)

H01S 5/323 (2006.01)

第III族氮化物半導體元件、製造第III族氮化物半導體元件之方法及磊晶基板

二、中文發明摘要：

本發明提供一種具有氧濃度降低之p型氮化鎵系半導體層之第III族氮化物半導體元件。第III族氮化物半導體元件11包括：基板13、n型第III族氮化物半導體區域15、發光層17、及p型第III族氮化物半導體區域19。基板13之主面13a自與沿該第I氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸Cx正交之面Sc，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜。p型第III族氮化物半導體區域19包含第一p型氮化鎵系半導體層21，第一p型氮化鎵系半導體層21之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第一p型氮化鎵系半導體層21之p型摻雜物濃度Npd與氧濃度Noxg之濃度比(Noxg/Npd)為1/10以下。

三、英文發明摘要：

七、申請專利範圍：

1. 一種第III族氮化物半導體元件，其包括：

基板，其含有包含第I氮化鎵系半導體之主面、且具有導電性；以及

第III族氮化物半導體區域，其包含第一p型氮化鎵系半導體層、且設置於上述主面上；

上述基板之上述主面自與沿該第I氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜；

上述第一p型氮化鎵系半導體層之氧濃度 No_{xg} 為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述第一p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 No_{xg} 之比(No_{xg}/N_{pd})為1/10以下。

2. 如請求項1之第III族氮化物半導體元件，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層不含銦作為第III族構成元素。

3. 如請求項1或2之第III族氮化物半導體元件，其更包括：

n型氮化鎵系半導體層，其設置於上述主面上；以及

氮化鎵系半導體層，其用於發光層；

上述發光層係設置於上述p型氮化鎵系半導體層與上述n型氮化鎵系半導體層之間；且

該第III族氮化物半導體元件為發光元件。

4. 如請求項3之第III族氮化物半導體元件，其中上述發光層之發光波長為440 nm以上、600 nm以下。

5. 如請求項3或4之第III族氮化物半導體元件，其中上述發

光層之發光波長為490 nm以上、600 nm以下。

6. 如請求項3至5中任一項之第III族氮化物半導體元件，其更包括與上述第III族氮化物半導體區域形成接觸之電極；

上述第III族氮化物半導體區域包含與上述電極形成接觸之接觸層、及p型第III族氮化物半導體區域；

上述p型第III族氮化物半導體區域係設置於上述接觸層與上述發光層之間；

上述p型第III族氮化物半導體區域與上述接觸層形成第1接合，並且與上述發光層形成第2接合；

上述p型第III族氮化物半導體區域之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述p型第III族氮化物半導體區域之p型摻雜物濃度Npd與上述氧濃度Noxg之比(Noxg/Npd)為1/10以下。

7. 如請求項1至6中任一項之第III族氮化物半導體元件，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層包含GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN。
8. 如請求項1至7中任一項之第III族氮化物半導體元件，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層包含GaN或AlGaN。
9. 如請求項1至8中任一項之第III族氮化物半導體元件，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層之碳濃度為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。
10. 如請求項1至9中任一項之第III族氮化物半導體元件，其中上述第III族氮化物半導體區域更包含設置於上述主面

上之第二p型氮化鎵系半導體層；

上述第二p型氮化鎵系半導體層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；

上述第二p型氮化鎵系半導體層含有銦作為第III族構成元素；且

上述第二p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

11. 一種製造第III族氮化物半導體元件之方法，其包括：

準備含有包含第1氮化鎵系半導體之主面、且具有導電性之基板的步驟；以及

使包含第一p型氮化鎵系半導體層之第III族氮化物半導體區域於上述主面上成長的步驟；

於上述第一p型氮化鎵系半導體層之成長中，將用於上述第一p型氮化鎵系半導體層之第III族構成元素及第V族構成元素之原料氣體與第1環境氣體供給至成長爐中；

使用氮氣作為上述第1環境氣體；

上述基板之上述主面自與沿該第1氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜；

上述第一p型氮化鎵系半導體層之氧濃度 N_{oxg} 為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述第一p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

12. 如請求項11之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層不含銦作為第III族構成元素。

13. 如請求項11或12之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其更包括：

使n型氮化鎵系半導體層於上述主面上成長之步驟；
以及

使用於活性層之氮化鎵系半導體層於上述主面上成長之步驟；

上述活性層係設置於上述p型氮化鎵系半導體層與上述n型氮化鎵系半導體層之間；且

該第III族氮化物半導體元件為發光元件。

14. 如請求項13之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述活性層之發光波長為440 nm以上、600 nm以下。

15. 如請求項13或14之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述活性層之發光波長為490 nm以上、600 nm以下。

16. 如請求項13至15中任一項之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其更包括形成與上述第III族氮化物半導體區域形成接觸之電極的步驟；

上述第III族氮化物半導體區域包含與上述電極形成接觸之接觸層、及p型第III族氮化物半導體積層；

上述p型第III族氮化物半導體積層係設置於上述接觸層與上述活性層之間；

上述p型第III族氮化物半導體積層與上述接觸層形成第1接合，並且與上述活性層形成第2接合；

於上述p型第III族氮化物半導體積層中之一個或複數個p型氮化鎵系半導體層之各成長中，將用於該p型氮化鎵系半導體層之第III族構成元素及第V族構成元素之原料氣體與第2環境氣體供給至成長爐中；

使用氮氣作為上述第2環境氣體；

上述p型第III族氮化物半導體積層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述p型第III族氮化物半導體積層之p型摻雜物濃度Npd與上述氧濃度Noxg之比(Noxg/Npd)為1/10以下。

17. 如請求項11至16中任一項之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層包含GaN、InGaN、AlGaN或InAlGaN。
18. 如請求項11至17中任一項之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層包含GaN或AlGaN。
19. 如請求項11至18中任一項之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層之碳濃度為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。
20. 如請求項11至19中任一項之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述第III族氮化物半導體區域更包含第二p型氮化鎵系半導體層；

上述第二p型氮化鎵系半導體層含有銦作為第III族構

成元素；

於上述第二p型氮化鎵系半導體層之成長中，將用於上述第二p型氮化鎵系半導體層之第III族構成元素及第V族構成元素之原料氣體與第2環境氣體供給至成長爐中；

使用氮氣作為上述第2環境氣體；

上述第二p型氮化鎵系半導體層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述第二p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

21. 如請求項11至20中任一項之製造第III族氮化物半導體元件之方法，其中上述第III族氮化物半導體區域之表面粗糙度以算術平均粗糙度計為1 nm以下。
22. 一種磊晶基板，其係用於第III族氮化物半導體元件者，其包括：

基板，其含有包含第1氮化鎵系半導體之主面、且具有導電性；以及

第III族氮化物半導體區域，其包含第一p型氮化鎵系半導體層、且設置於上述主面上；

上述基板之上述主面自與沿該第1氮化鎵系半導體之c軸延伸之基準軸正交的面，以50度以上、未達130度之範圍之角度傾斜；

上述第一p型氮化鎵系半導體層之氧濃度 N_{oxg} 為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述第一p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

23. 如請求項22之磊晶基板，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層不含銦作為第III族構成元素。

24. 如請求項22或23之磊晶基板，其更包括：

n型氮化鎵系半導體層，其設置於上述主面上；以及
氮化鎵系半導體層，其用於發光層；

上述發光層係設置於上述p型氮化鎵系半導體層與上述n型氮化鎵系半導體層之間；且

該第III族氮化物半導體元件為發光元件。

25. 如請求項24之磊晶基板，其中上述發光層之發光波長為440 nm以上、600 nm以下。

26. 如請求項24或25之磊晶基板，其中上述發光層之發光波長為490 nm以上、600 nm以下。

27. 如請求項24至26中任一項之磊晶基板，其中上述第III族氮化物半導體區域之整體具有p型導電性；

上述第III族氮化物半導體區域之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；且

上述第III族氮化物半導體區域之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

28. 如請求項23至27中任一項之磊晶基板，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層包含GaN、InGaN、AlGaIn或InAlGaIn。

29. 如請求項22至28中任一項之磊晶基板，其中上述第一p

型氮化鎵系半導體層包含GaN或AlGaN。

30. 如請求項22至29中任一項之磊晶基板，其中上述第一p型氮化鎵系半導體層之碳濃度為 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

31. 如請求項22至30中任一項之磊晶基板，其中上述第III族氮化物半導體區域更包含設置於上述主面上之第二p型氮化鎵系半導體層；

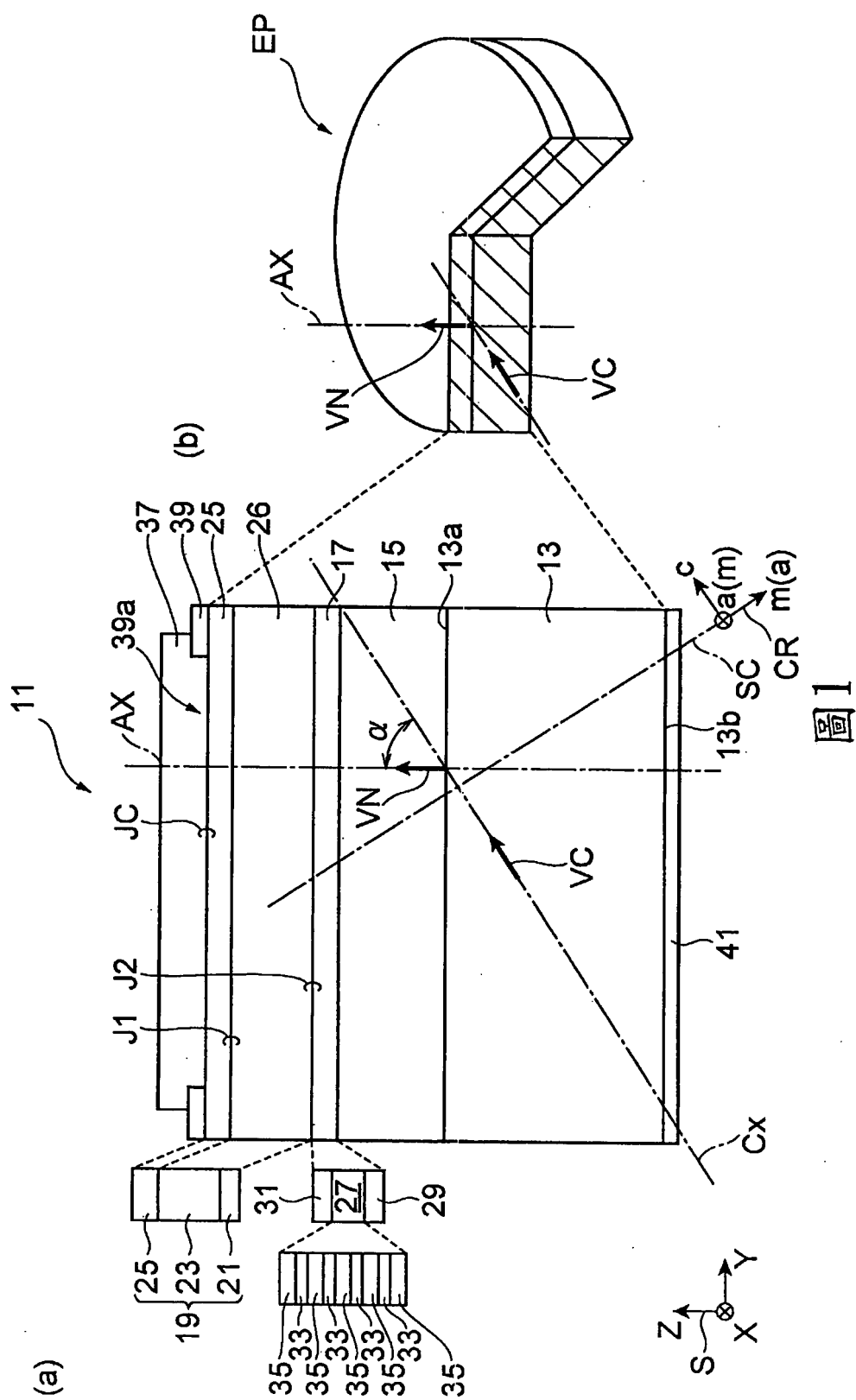
上述第二p型氮化鎵系半導體層之氧濃度為 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下；

上述第二p型氮化鎵系半導體層含有銦作為第III族構成元素；且

上述第二p型氮化鎵系半導體層之p型摻雜物濃度 N_{pd} 與上述氧濃度 N_{oxg} 之比(N_{oxg}/N_{pd})為1/10以下。

32. 如請求項22至31中任一項之磊晶基板，其中上述磊晶基板之表面粗糙度以算術平均粗糙度計為1 nm以下。

八、圖式：



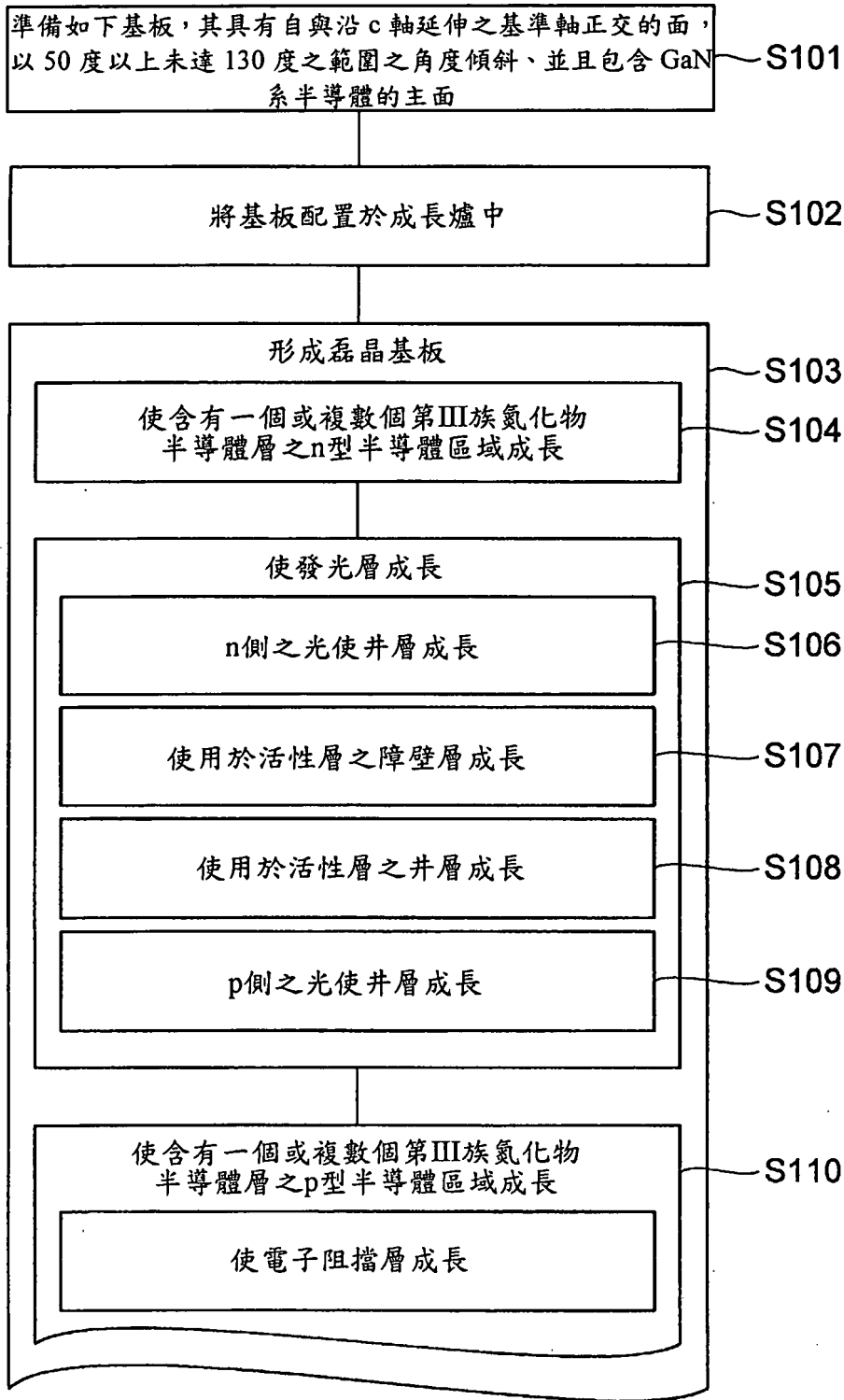


圖2

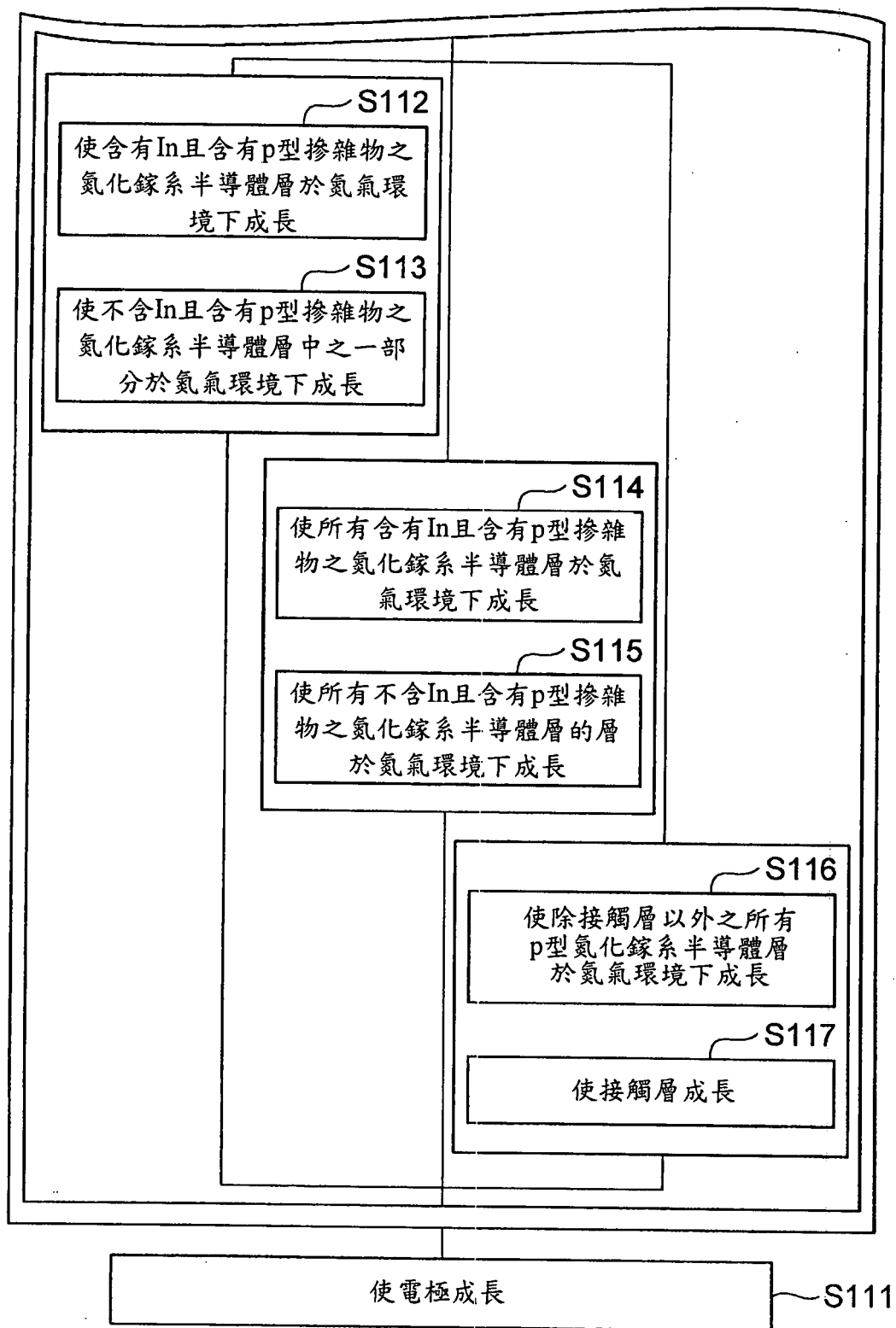


圖3

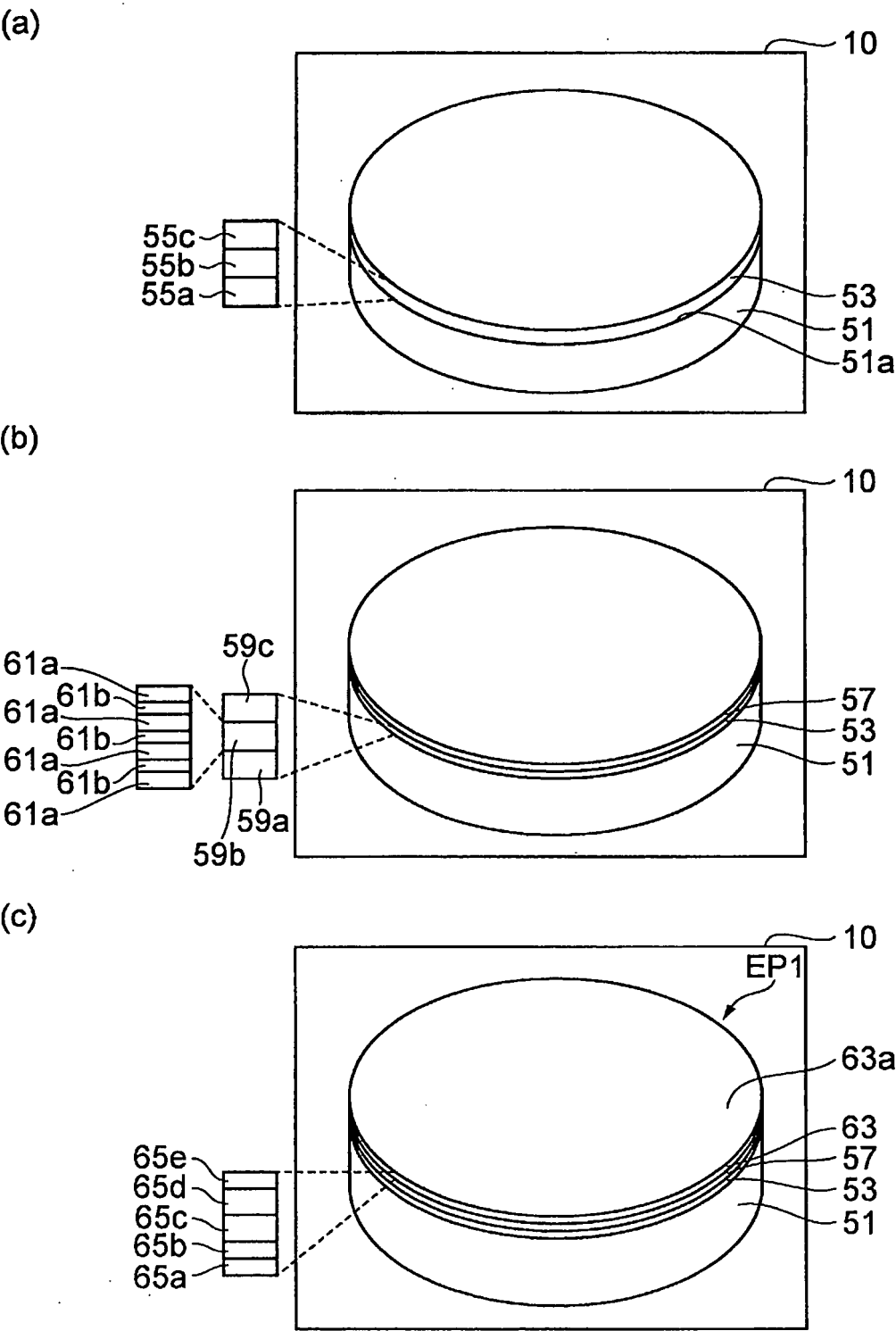


圖4

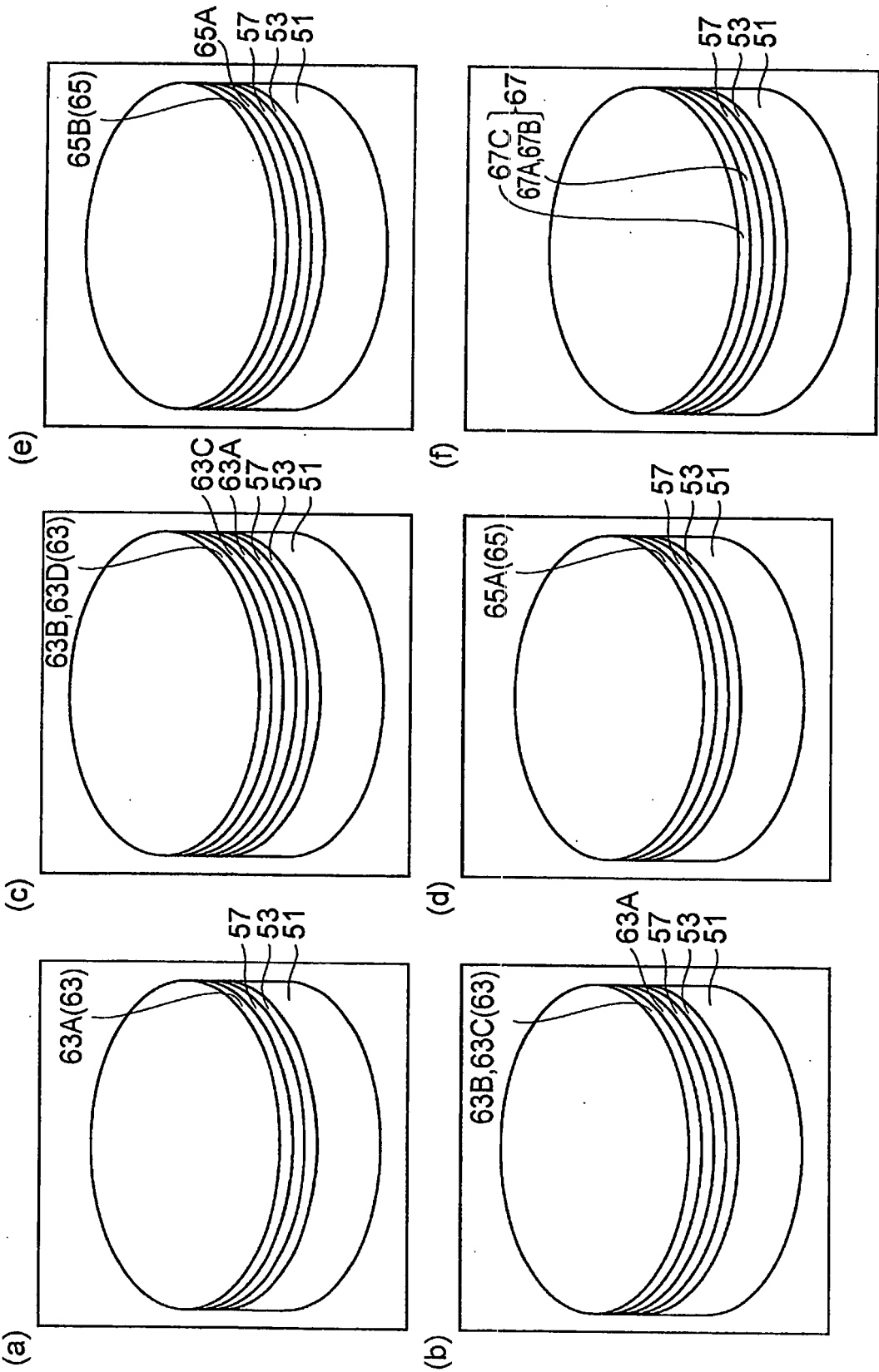


圖 5

(a)

p-GaN0.050um
p-In0.03 Al0.14 GaN0.40um
p-GaN0.250um
p-In0.03 GaN0.050um
p-GaN20nm
ud-In0.03 GaN0.075um
ud-In0.30 GaN3nm
n-In0.03 GaN0.115um
n-GaN0.250um
n-In0.03 Al0.14 GaN1.2um
n-GaN1.1um
GaN基板

(b)

層	Tc	H2/N2	Mg濃度	O濃度	O/Mg
p-GaN	900°C	H2	3e20	5e18	0.017
p-InAlGaN	870°C	N2	7e18	5e17	0.071
p-GaN	900°C	H2	3e18	2e18	0.667
p-InGaN	840°C	N2	3e18	2e17	0.067
p-GaN	900°C	H2	9e18	5e18	0.556
ud-InGaN	840°C	N2			
ud-InGaN	720°C	N2			
n-InGaN	840°C	N2			
n-GaN	1050°C	H2			
n-InAlGaN	870°C	N2			
n-GaN	950°C	H2			
熱處理	1050°C	H2			

圖6

(a)

p-GaN0.050um
p-In0.03 Al0.14 GaN0.40um
p-GaN0.250um
p-In0.03 GaN0.050um
p-GaN20nm
ud-In0.025 GaN0.075um
ud-In0.30 GaN3nm
n-In0.025 GaN0.115um
n-GaN0.250um
n-In0.03 Al0.14 GaN1.2um
n-GaN1.1um
GaN基板

(b)

層	Tc	H2/N2	Mg濃度	O濃度	O/Mg
p-GaN	900°C	H2	3e20	5e18	0.017
p-InAlGa	870°C	N2	7e18	5e17	0.071
p-GaN	840°C	N2	3e18	2e17	0.067
p-InGa	840°C	N2	3e18	2e17	0.067
p-GaN	900°C	H2	9e18	5e18	0.556
ud-InGa	840°C	N2			
ud-InGa	720°C	N2			
n-InGa	840°C	N2			
n-GaN	1050°C	H2			
n-InAlGa	870°C	N2			
n-GaN	950°C	H2			
熱處理	1050°C	H2			

圖7

(a)

p+GaN0.050um
p-In0.03 Alo.14 GaN0.40um
p-GaN0.250um
p-In0.025 GaN0.050um
p-GaN20nm
ud-In0.025 GaN0.075um
ud-In0.30 GaN3nm
n-In0.025 GaN0.115um
n-GaN0.250um
n-In0.03 Alo.14 GaN1.2um
n-GaN1.1um
GaN基板

(b)

層	Tc	H2/N2	Mg濃度	O濃度	O/Mg
p+GaN	900°C	H2	3e20	5e18	0.017
p-InAlGaN	870°C	N2	7e18	5e17	0.071
p-GaN	840°C	N2	3e18	1e17	0.033
p-InGaN	840°C	N2	3e18	1e17	0.033
p-GaN	840°C	N2	9e18	1e17	0.011
ud-InGaN	840°C	N2			
ud-InGaN	720°C	N2			
n-InGaN	840°C	N2			
n-GaN	1050°C	H2			
n-InAlGaN	870°C	N2			
n-GaN	950°C	H2			
熱處理	1050°C	H2			

圖8

(a)

p+GaN0.050um
p-In0.03 Al0.14 GaN0.40um
p-GaN0.250um
p-In0.025 GaN0.050um
p-GaN20nm
ud-In0.025 GaN0.075um
ud-In0.30 GaN3nm
n-In0.025 GaN0.115um
n-GaN0.250um
n-In0.03 Al0.14 GaN1.2um
n-GaN1.1um
GaN基板

(b)

層	Tc	H2/N2	Mg濃度	O濃度	O/Mg
p+GaN	870°C	N2	3e20	3e17	0.010
p-InAlGaN	870°C	N2	7e18	5e17	0.071
p-GaN	840°C	N2	3e18	1e17	0.067
p-InGaN	840°C	N2	3e18	1e17	0.067
p-GaN	840°C	N2	9e18	1e17	0.022
ud-InGaN	840°C	N2			
ud-InGaN	720°C	N2			
n-InGaN	840°C	N2			
n-GaN	1050°C	H2			
n-InAlGaN	870°C	N2			
n-GaN	950°C	H2			
熱處理	1050°C	H2			

圖9

(a)

p-GaN0.050um
p-In0.03 Al0.14 GaN0.40um
p-GaN0.250um
p-In0.025 GaN0.050um
p-GaN20nm
ud-In0.025 GaN0.075um
ud-In0.30 GaN3nm
n-In0.025 GaN0.115um
n-GaN0.250um
n-In0.03 Al0.14 GaN1.2um
n-GaN1.1um
GaN基板

(b)

層	Tc	H2/N2
p-GaN	870°C	N2
p-InAlGa	870°C	N2
p-GaN	840°C	N2
p-InGa	840°C	N2
p-GaN	840°C	N2
ud-InGa	840°C	N2
ud-InGa	720°C	N2
n-InGa	840°C	N2
n-GaN	840°C	N2
n-InAlGa	870°C	N2
n-GaN	950°C	N2
熱處理	1050°C	H2

圖10

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11	第III族氮化物半導體元件
13	基板
13a	基板之主面
13b	基板之背面
15	n型第III族氮化物半導體區域
17	發光層
19	p型第III族氮化物半導體區域
21	第一p型氮化鎵系半導體層
23	第二p型氮化鎵系半導體層
25	p型接觸層
26	p型第III族氮化物半導體積層
27	活性層
29	n側光導層
31	p側光導層
33	半導體磊晶層
35	半導體磊晶層
37	第1電極
39	絕緣膜
39a	絕緣膜之開口
41	第2電極
a、c、m	軸

AX	法線軸
CR	結晶座標系統
Cx	基準軸
EP	磊晶基板
J1	第1接合
J2	第2接合
JC	接觸
S	座標系統
SC	與基準軸正交之面
VC	c軸部向量
VN	法線向量
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)