

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5435646号  
(P5435646)

(45) 発行日 平成26年3月5日(2014.3.5)

(24) 登録日 平成25年12月20日(2013.12.20)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 L 33/32 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 17 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-37025 (P2010-37025)                  (22) 出願日 平成22年2月23日 (2010.2.23)                  (65) 公開番号 特開2011-175997 (P2011-175997A)                  (43) 公開日 平成23年9月8日 (2011.9.8)                  審査請求日 平成24年12月19日 (2012.12.19)</p> <p>(出願人による申告) 文部科学省、平成21年度「知的クラスター創生事業(グローバル拠点育成型)」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 304020177                  国立大学法人山口大学                  山口県山口市吉田1677-1                  (74) 代理人 110001427                  特許業務法人前田特許事務所                  (74) 代理人 100077931                  弁理士 前田 弘                  (74) 代理人 100110939                  弁理士 竹内 宏                  (74) 代理人 100110940                  弁理士 嶋田 高久                  (74) 代理人 100113262                  弁理士 竹内 祐二                  (74) 代理人 100115059                  弁理士 今江 克実</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体基板及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNを結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点としてAlNを結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長した層厚さが2~20μmのAlN層を形成する半導体基板の製造方法。

【請求項2】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNを結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点としてAlNを結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長したAlN層を形成する半導体基板の製造方法であって、

上記非主面部分が上記サファイア基板のc面で構成されている半導体基板の製造方法。

【請求項3】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記

主面部分から A 1 N を結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点として A 1 N を結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長した A 1 N 層を形成する半導体基板の製造方法であって、

上記 A 1 N 層における上記サファイア基板の上記主面部分と平行な面が非極性面である半導体基板の製造方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載された半導体基板の製造方法において、

上記 A 1 N 層の非極性面が ( 1 1 - 2 0 ) 面又は ( 1 0 - 1 0 ) 面である半導体基板の製造方法。

【請求項 5】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分から A 1 N を結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点として A 1 N を結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長した A 1 N 層を形成する半導体基板の製造方法であって、

上記 A 1 N 層を形成する前に、上記サファイア基板の上記基板表面における少なくとも上記非主面部分に窒化処理を施して A 1 N 膜で表面被覆する半導体基板の製造方法。

【請求項 6】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分から A 1 N を結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点として A 1 N を結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長した A 1 N 層を形成する半導体基板の製造方法であって、

上記 A 1 N 層を、上記サファイア基板の上記主面部分と平行となるように表面研磨する半導体基板の製造方法。

【請求項 7】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分から A 1 N を結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点として A 1 N を結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長した A 1 N 層を形成する半導体基板の製造方法であって、

上記 A 1 N 層を上記サファイア基板から分離して A 1 N 基板とする半導体基板の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載された半導体基板の製造方法において、

上記結晶成長温度が 1 4 0 0 以上の温度である半導体基板の製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載された半導体基板の製造方法において、

上記非主面部分は、上記サファイア基板上に間隔をおいて並行に延びるように形成された複数本の凹溝の溝側面で構成されている半導体基板の製造方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載された半導体基板の製造方法において、

上記サファイア基板は、上記主面部分がミスカット面であるミスカット基板で構成されている半導体基板の製造方法。

【請求項 11】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板と、

10

20

30

40

50

上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNが結晶成長することなく、上記非主面部分を起点としてAlNが結晶成長することにより、該主面部分の法線方向に成長して形成された層厚さが2～20μmのAlN層と、  
を備えた半導体基板。

【請求項12】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板と、

上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNが結晶成長することなく、上記非主面部分を起点としてAlNが結晶成長することにより、該主面部分の法線方向に成長して形成されたAlN層と、

10

を備えた半導体基板であって、

上記非主面部分が上記サファイア基板のc面で構成されている半導体基板。

【請求項13】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板と、

上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNが結晶成長することなく、上記非主面部分を起点としてAlNが結晶成長することにより、該主面部分の法線方向に成長して形成されたAlN層と、

を備えた半導体基板であって、

上記AlN層における上記サファイア基板の上記主面部分と平行な面が非極性面である半導体基板。

20

【請求項14】

請求項13に記載された半導体基板において、

上記AlN層の非極性面が(11-20)面又は(10-10)面である半導体基板。

【請求項15】

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板と、

上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNが結晶成長することなく、上記非主面部分を起点としてAlNが結晶成長することにより、該主面部分の法線方向に成長して形成されたAlN層と、

30

を備えた半導体基板であって、

上記AlN層は、上記サファイア基板の上記主面部分と平行となるように表面研磨されている半導体基板。

【請求項16】

請求項11乃至15のいずれかに記載された半導体基板を有する電子デバイス。

【請求項17】

請求項11乃至15のいずれかに記載された半導体基板を有する半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、半導体基板及びその製造方法、並びにそれを用いた電子デバイス及び半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

非極性面を主面とするGaN層を得る方法として、非特許文献1及び2には、サファイアのa面、或いは、r面サファイアの加工基板の側壁選択成長を用いる方法が開示されている。

【0003】

非特許文献3には、AlNは、Alのマイグレーションが小さいことから良質なステップフロー成長が起こりにくく、GaNと同様の条件では良質な非極性面を主面とするAl

50

N層を得ることが困難であることが開示されている。

【0004】

また、非極性面を主面とするAlN層を得る方法として、非極性面を主面とするAlN層が成長する異種基板を用いる方法、c軸方向成長させたAlN基板を斜めにカットする方法等がある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】N. Okada, Y. Kawashima, and K. Tadatomo, "Direct Growth of m-plane GaN with Epitaxial Lateral Overgrowth from c-plane Sidewall of Sapphire" Appl. Phys. Express, 1, 111101, 2008 10

【非特許文献2】N. Okada, Y. Kawashima, and K. Tadatomo, "Growth of Semipolar (11-22) GaN Layer by Controlling Anisotropic Growth Rates in r-Plane Patterned Sapphire Substrate" Appl. Phys. Express, 2, 091001, 2009

【非特許文献3】Masataka IMURA, Kiyotaka NAKANO, Naoki FUJIMOTO, Narihito OKADA, Krishnan BALAKRISHNAN, Motoaki IWAYA, Satoshi KAMIYAMA, Hiroshi AMANO, Isamu AKASAKI, Tadaki NORO, Takashi TAKAGI, and Akira BANDO, "Dislocations in AlN Epilayers Grown on Sapphire Substrate by High-Temperature Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy" Japanese Journal of Applied Physics Vol.46, No.4A, 2007, pp.1458-1462

【発明の概要】 20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、非極性面を主面とするAlN層が成長する異種基板を用いる方法では、転位密度が非常に大きいAlN層が成長するという問題がある。また、c軸方向成長させたAlN基板を斜めにカットする方法では、AlN基板が高価であって、小面積のAlN層しか得ることができないという問題がある。

【0007】

本発明の課題は、欠陥密度が小さく且つ大面積のAlN層を得ることができる方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】 30

【0008】

本発明の半導体基板の製造方法は、

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板を用い、

所定の結晶成長温度条件下において、上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNを結晶成長させることなく、上記非主面部分を起点としてAlNを結晶成長させることにより、該主面部分の法線方向に成長したAlN層を形成するものである。

【0009】 40

本発明の半導体基板は、

基板表面が、主面部分と、該主面部分とは面方位が異なる非主面部分と、を有するサファイア基板と、

上記サファイア基板の上記基板表面における上記主面部分からAlNが結晶成長することなく、上記非主面部分を起点としてAlNが結晶成長することにより、該主面部分の法線方向に成長して形成されたAlN層と、を備える。

【0010】

本発明の電子デバイスは本発明の半導体基板を有する。

【0011】

本発明の半導体発光素子は本発明の半導体基板を有する。 50

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、サファイア基板の基板表面における主面部分からAlNを結晶成長させることなく、非主面部分を起点としてAlNを結晶成長させることにより、主面部分の法線方向に成長した、欠陥密度が小さく且つ大面積のAlN層を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0013】

【図1】サファイア基板の断面図である。

【図2】(a)及び(b)は凹溝の拡大断面図である。

【図3】(a)～(g)は半導体層の形成工程を示す説明図である。

10

【図4】AlNの結晶成長を示す説明図である。

【図5】(a)～(c)は凹溝の溝側面及びAlN層の面方位の関係を示す第1の説明図である。

【図6】(a)～(c)は凹溝の溝側面及びAlN層の面方位の関係を示す第2の説明図である。

【図7】半導体発光素子の断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0014】

以下、実施形態に係る半導体発光素子10の製造方法について図1～7に基づいて詳細に説明する。

20

## 【0015】

(サファイア基板の準備)

図1は、本実施形態に係る半導体発光素子10の製造方法で用いるサファイア基板11の一例を示す。

## 【0016】

サファイア基板11は、基板表面12が、主面部分12aとその主面部分12aとは面方位が異なる非主面部分12bとを有する。サファイア基板11は、 $Al_2O_3$ のコランダム構造の単結晶の円盤状に形成されており、直径が例えば50～300mmであり、また、その直径にも依存するが厚さが例えば0.3～3.0mmである。なお、直径50mmのサファイア基板11の場合、1枚のサファイア基板11上に5000～12000個の半導体発光素子10を作り込むことができる。

30

## 【0017】

基板表面12における主面部分12aは、a面<{11-20}面>、c面<{0001}面>、m面<{1-100}面>、及びr面<{1-102}面>のいずれであってもよく、また、他の面方位の結晶面であってもよい。さらに、主面部分12aは、例えばa軸が主面部分12aの法線方向に対して所定の角度(例えば45°や60°、或いは数度以内の微小角)傾斜したミスカット面であってもよい、つまり、サファイア基板11は、主面部分12aがミスカット面であるミスカット基板であってもよい。なお、a面、c面、及びm面は面方位が相互に直交する。

## 【0018】

40

基板表面12における非主面部分12bは、主面部分12aと面方位が異なれば、a面<{11-20}面>、c面<{0001}面>、m面<{1-100}面>、及びr面<{1-102}面>のいずれであってもよく、また、他の面方位の結晶面であってもよい。AlNの結晶成長性観点からは、非主面部分12bはc面であることが好ましい。

## 【0019】

基板表面12における主面部分12a及び非主面部分12bの組合せとしては、例えば、主面部分12aがm面及び非主面部分12bがc面の組合せ、主面部分12aが(11-23)面及び非主面部分12bがc面の組合せ、並びに主面部分12aがr面及び非主面部分12bがc面の組合せ等が挙げられる。

## 【0020】

50

非主面部分 12b としては、サファイア基板 11 の基板表面 12 に形成された凹部の側面、例えば、図 1 に示すような、サファイア基板 11 上に延びるように形成された凹溝 13 の溝側面が挙げられる。かかる凹溝 13 は、サファイア基板 11 の基板表面 12 に、凹溝形成予定部分だけが開口部となるフォトレジストのパターニング形成し、フォトレジストをエッチングレジストとしてサファイア基板 11 を反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching: RIE) 等のドライエッチング或いはウエットエッチングをすることにより形成することができる。

#### 【0021】

凹溝 13 は、溝側面 (エッチング加工側面) を有せば、コの字溝、V 字溝、又は台形溝であってもよい。凹溝 13 は、溝開口幅が  $0.5 \sim 10 \mu\text{m}$  であることが好ましく、また、溝深さが  $0.75 \sim 100 \mu\text{m}$  であることが好ましい。凹溝 13 は、非主面部分 12b である溝側面が主面部分 12a に対してなす角度が例えば  $70 \sim 120^\circ$  であり、従って、溝側面の傾斜は、図 2 (a) に示すように、溝底から溝開口に向かって溝幅を広げるように外向きに傾斜したテーパ状であってもよく、また、図 2 (b) に示すように、溝底から溝開口に向かって溝幅を狭めるように内向きに傾斜した逆テーパ状であってもよい。溝側面が c 面に近い面であり、そこから AlN を c 面成長させる場合、積層欠陥や転位などの欠陥の末端を表面に至らせないことによって表面に現れる欠陥を減じることができるという観点から、非主面部分 12b である溝側面が主面部分 12a に対してなす角度は c 面の主面部分 12a に対してなす角度よりも大きいことが好ましい。また、凹溝 13 が溝底面を有する場合、溝底面からの AlN の結晶成長を抑制する観点から、溝深さは溝開口幅の 1.5 倍以上であることが好ましい。凹溝 13 は、1 本だけが設けられていてもよく、また、複数本並列して設けられていてもよい。凹溝 13 が複数本並列して設けられている場合、溝間の間隔、つまり、相互に隣接する凹溝 13 間における主面部分 12a の間隔は例えば  $100 \text{ nm} \sim 100 \mu\text{m}$  である。

#### 【0022】

凹溝 13 は、両溝側面が表面露出した構成の他、両溝側面のうち一方が表面露出し且つ他方が結晶成長を阻止するように被覆された構成であってもよい。サファイアは +c、-c 面を持たない結晶構造を有するので、凹溝 13 の両溝側面からそれぞれ結晶成長すると、いずれも同一の極性をもった AlN が成長する可能性があり、その場合、それらの AlN の会合点において結晶方位が逆向きとなるインバージョンドメイン (一種の結晶欠陥) が形成されることとなる。しかしながら、両溝側面のうち一方が表面露出し且つ他方が被覆された構成の場合、このインバージョンドメインを完全に排除することができる。

#### 【0023】

凹溝 13 は、両溝側面が表面露出し、しかも、その断面形状が左右非対称に形成された構成であってもよい。このような構成によれば、左右非対称の断面形状を有する凹溝 13 から AlN が結晶成長すると、どちらかの溝側面から優先的に結晶成長が起こるので、インバージョンドメインを排除する観点から好都合である。従って、その場合、凹溝 13 は、両溝側面のうち一方のみから選択的に AlN が結晶成長するように形成された構成であることがより好ましい。この左右非対称の凹溝 13 の断面形状は、例えば、エッチング加工時にエッチングガスの流れに直交するようにサファイア基板 11 を配置することによって得ることができる。また、このとき、凹溝 13 が溝底面を有する場合、溝底面からの GaN の結晶成長を抑制するために溝底面を  $\text{SiO}_2$  等で被覆してもよい。

#### 【0024】

##### (半導体層の形成)

本実施形態に係る半導体発光素子 10 の製造方法では、所定の結晶成長温度条件下において、サファイア基板 11 の基板表面 12 における表面被覆されずに露出した主面部分 12a から AlN を結晶成長させることなく、非主面部分 12b を起点として AlN を結晶成長させることにより、主面部分 12a の法線方向に成長した AlN 層 14 を形成して半導体基板 S を得た後、その上に、n 型 AlGaIn / AlGaIn 超格子層 15、n 型 AlGaIn 層 16、発光層である多重量子井戸層 17、p 型 AlGaIn 層 18、及び p 型 AlG

10

20

30

40

50

a N / A l G a N 超格子層 1 9 を順に形成する。

【 0 0 2 5 】

ここで、これらの半導体層の形成方法としては、有機金属気相成長法 (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy : M O V P E )、分子線エピタキシ法 (Molecular Beam Epitaxy : M B E )、ハイドライド気相成長法 (Hydride Vapor Phase Epitaxy : H V P E ) が挙げられ、これらのうち有機金属気相成長法が最も一般的である。以下では、有機金属気相成長法を利用した半導体層の形成方法について説明する。

【 0 0 2 6 】

半導体層の形成に用いられる M O V P E 装置は、大きくは基板搬送系、基板加熱系、ガス供給系、及びガス排気系から構成され、全て電子制御される。基板加熱系は、熱電対及び抵抗加熱ヒータ、並びにその上に設けられた炭素製或いは S i C 製のサセプタで構成され、そして、そのサセプタの上にサファイア基板 1 1 をセットした石英トレイが搬送され、半導体層のエピタキシャル成長が行われる。この基板加熱系は、水冷機構を備えた石英製の二重管内或いはステンレス製の反応容器内に設置され、その二重管或いは反応容器内にキャリアガス及び各種原料ガスが供給される。特にステンレス反応容器を使う場合は、基板上に層流のガスの流れを実現するために、石英製のフローチャンネルを用いる。

【 0 0 2 7 】

キャリアガスとしては、例えば、 $H_2$ 、 $N_2$  が挙げられる。V 族元素供給源としては、例えば、 $NH_3$  が挙げられる。III 族元素供給源としては、例えば、トリメチルアルミニウム (TMA)、トリメチルガリウム (TMG)、トリメチルインジウム (TMI) 等が挙げられる。n 型ドーピング元素供給源としては、例えば、 $SiH_4$  (シラン)、 $Si_2H_6$  (ジシラン)、 $GeH_4$  (ゲルマン) 等が挙げられる。p 型ドーピング元素供給源としては、例えば、 $Cp_2Mg$  (ビスシクロペンタジエニルマグネシウム) 等が挙げられる。

【 0 0 2 8 】

< A l N 層の形成 >

まず、サファイア基板 1 1 を基板表面 1 2 が上向きになるように石英トレイ上にセットした後、サファイア基板 1 1 を 1 4 0 0 ~ 1 6 0 0 に加熱すると共に反応容器内の圧力を 1 0 ~ 1 0 0 k P a とし、また、反応容器内に設置したフローチャンネル内にキャリアガスとして  $H_2$  を 5 ~ 1 5 L / m i n の流量で流通させ、その状態を数分間保持することによりサファイア基板 1 1 をサーマルクリーニングする。

【 0 0 2 9 】

次いで、サファイア基板 1 1 の温度を 1 4 0 0 ~ 1 6 0 0 とすると共に反応容器内の圧力を 1 0 ~ 1 0 0 k P a とし、また、反応容器内にキャリアガス  $H_2$  を 5 ~ 1 5 L / m i n の流量で流通させながら、そこに V 族元素供給源 ( $NH_3$ ) を、供給量が 0 . 1 ~ 5 L / m i n となるように流す。このとき、図 3 ( a ) に示すように、サファイア基板 1 1 の基板表面 1 2 における主面部分 1 2 a 及び非主面部分 1 2 b のいずれも (或いは、少なくとも非主面部分 1 2 b ) が窒化処理されて A l N 膜 1 1 a で表面被覆される。従って、サファイア基板 1 1 の低温バッファ層による被覆は不要である。

【 0 0 3 0 】

続いて、サファイア基板 1 1 の温度を所定の結晶成長温度とすると共に反応容器内の圧力を 1 0 ~ 1 0 0 k P a とし、また、反応容器内にキャリアガス  $H_2$  を 5 ~ 1 5 L / m i n の流量で流通させながら、そこに V 族元素供給源 ( $NH_3$ ) 及び III 族元素供給源 1 ( TMA ) を、それぞれの供給量が 0 . 1 ~ 5 L / m i n 及び 1 0 ~ 3 0 0  $\mu$  m o l / m i n となるように流す。V 族元素供給源及び III 族元素供給源のモル比 ( V / III ) は 1 0 0 ~ 3 0 0 0 であることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

上記結晶成長温度は、主面部分 1 2 a から A l N が結晶成長することなく且つ非主面部分 1 2 b を起点として A l N が選択的に結晶成長する温度であり、具体的には、1 4 0 0 以上の温度であることが好ましいが、III 族元素供給源及び V 族元素供給源の交互供給

10

20

30

40

50

などにより結晶成長させる場合等には、これに限定されるものではない。一方、1600以下の温度であることが好ましいが、サファイア基板11が劣化しない温度であれば、これに限定されるものではない。これにより、このとき、図4に示すように、サファイア基板11の基板表面12における主面部分12aからはAlNの結晶成長は起こらないが、一方、非主面部分12bからは、非主面部分12bを起点として、選択的にその上にアンドープのAlNがヘテロエピタキシャル成長する。そして、この結晶成長により主面部分12aの法線方向にAlNの層の成長が進展し、図3(b)に示すように、サファイア基板11上にAlN層14が形成されて半導体基板Sが得られる。サファイア基板11上のAlN層14の層厚さは例えば2~20 $\mu\text{m}$ である。

【0032】

10

以上の方法によれば、サファイア基板11の基板表面12における主面部分12aからAlNを結晶成長させることなく、非主面部分12bを起点としてAlNを結晶成長させることにより、主面部分12aの法線方向に成長した、欠陥密度が小さく且つ大面積のAlN層14を得ることができる。

【0033】

ここで、凹溝13の溝側面により非主面部分12bが構成され且つ複数の凹溝13が間隔をおいて並行に延びるように設けられている場合、AlN層14は、各凹溝13から結晶成長した複数の帯状のAlN結晶の集合体によって、或いは、各凹溝13から結晶成長した帯状のAlN結晶が主面部分12a上で会合して連なった一体物によって構成される。帯状のAlN結晶が連なった一体物のAlN層14を得るには、反応容器内圧力(減圧状態(~10kPa)から常圧状態(100kPa))、結晶成長温度、材料の流量などの結晶成長条件を最適化すること及び/又は結晶成長時間を十分に長い時間とることが好ましい。また、結晶成長条件は、インバージョンドメインを排除する観点から、両溝側面のうち一方から選択的に結晶成長するものを選択することが好ましい。なお、帯状のAlN結晶が連なった一体物のAlN層14には、各会合部下方の主面部分12a上に、主面部分12aに沿って延びる基板上ポイド14aが形成されてもよい。凹溝13はAlN層14によって埋まってもよく、また、凹溝13内にAlNによって埋まらない溝内ポイド14bが形成されてもよい。

20

【0034】

AlN層14の面方位について、サファイア基板11の面方位とそれがc面となす角度及びAlNの面方位とそれがc面となす角度を表1に、並びにサファイア基板11の主面部分12aの各面方位についてその主面部分12aとAlN層14のファセット面とのなす角度を表2~7にそれぞれ示す。

30

【0035】



【表 1】

サファイア基板		A l N	
面方位	c 面とのなす角(°)	面方位	c 面とのなす角(°)
(11-20) a面	90.00	(11-20) a面	90.00
(11-21)	79.64	(11-21)	72.66
(11-22)	69.89	(11-22)	58.01
(11-23)	61.22	(11-23)	46.86
(10-10) m面	90.00	(10-10) m面	90.00
(10-11)	72.40	(10-11)	61.59
(10-12) r 面	57.61	(10-12) r 面	42.75
(10-13)	46.43	(10-13)	31.64
(20-21)	84.77	(20-21)	74.86
—	—	(20-23) n 面	50.94

10

【 0 0 3 6 】

20

【表 2】

サファイア基板 主面部分の面方位	A l N層 ファセット面の面方位	両者のなす角度 (°)
(10-11)	(11-20) a 面	-17.60
	(11-21)	-0.26
	(11-22)	+14.39
	(11-23)	+25.54

30

【 0 0 3 7 】

【表 3】

サファイア基板 主面部分の面方位	A l N層 ファセット面の面方位	両者のなす角度 (°)
(10-12)	(11-20) a 面	-32.39
	(11-21)	-15.05
	(11-22)	-0.40
	(11-23)	+10.75

40

【 0 0 3 8 】

【表 4】

サファイア基板 主面部分の面方位	A l N層 ファセット面の面方位	両者のなす角度 (°)
(10-13)	(11-20) a 面	-43.57
	(11-21)	-26.23
	(11-22)	-11.58
	(11-23)	-0.43

10

【 0 0 3 9 】

【表 5】

サファイア基板 主面部分の面方位	A l N層 ファセット面の面方位	両者のなす角度 (°)
(11-23)	(10-10) m 面	-28.78
	(20-21)	-13.64
	(10-11)	-0.37
	(20-23) n 面	+10.28
	(10-12) r 面	+18.47
	(10-13)	+29.58

20

【 0 0 4 0 】

【表 6】

サファイア基板 主面部分の面方位	A l N層 ファセット面の面方位	両者のなす角度 (°)
(11-21)	(10-10) m 面	-10.36
	(20-21)	+4.78
	(10-11)	+18.05
	(20-23) n 面	+28.70
	(10-12) r 面	+36.89
	(10-13)	+48.00

30

【 0 0 4 1 】

40

【表 7】

サファイア基板 主面部分の面方位	A 1 N 層 ファセット面の面方位	両者のなす角度 (°)
(11-22)	(10-10) m 面	-20.11
	(20-21)	-4.97
	(10-11)	+8.30
	(20-23) n 面	+18.95
	(10-12) r 面	+27.14
	(10-13)	+38.25

10

## 【 0 0 4 2 】

これらによれば、例えば、図 5 ( a ) に示すように、サファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a が ( 1 0 - 1 1 ) 面及び非主面部分 1 2 b が c 面の場合、A 1 N が ( 1 1 - 2 1 ) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A 1 N 層 1 4 では、( 1 1 - 2 1 ) 面の主面部分 1 2 a に対してなす角度が - 0 . 2 6 ° ( c 面に近づく向きをプラスとする。以下同じ) である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 1 1 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の ( 1 1 - 2 1 ) 面がサファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a と平行な主面である A 1 N 層 1 4 を得ることができる。A 1 N が ( 1 1 - 2 2 ) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A 1 N 層 1 4 では、( 1 1 - 2 2 ) 面の主面部分 1 2 a に対してなす角度が + 1 4 . 3 9 ° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 1 1 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の ( 1 1 - 2 2 ) 面がサファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a と平行な主面である A 1 N 層 1 4 を得ることができる。A 1 N が ( 1 1 - 2 3 ) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A 1 N 層 1 4 では、( 1 1 - 2 3 ) 面の主面部分 1 2 a に対してなす角度が + 2 5 . 5 4 ° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 1 1 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の ( 1 1 - 2 3 ) 面がサファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a と平行な主面である A 1 N 層 1 4

20

30

## 【 0 0 4 3 】

図 5 ( b ) に示すように、サファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a が ( 1 0 - 1 2 ) 面及び非主面部分 1 2 b が c 面の場合、A 1 N が ( 1 1 - 2 1 ) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A 1 N 層 1 4 では、( 1 1 - 2 1 ) 面の主面部分 1 2 a に対してなす角度が - 1 5 . 0 5 ° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 1 1 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の ( 1 1 - 2 1 ) 面がサファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a と平行な主面である A 1 N 層 1 4 を得ることができる。A 1 N が ( 1 1 - 2 2 ) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A 1 N 層 1 4 では、( 1 1 - 2 2 ) 面の主面部分 1 2 a に対してなす角度が - 0 . 4 0 ° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 1 1 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の ( 1 1 - 2 2 ) 面がサファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a と平行な主面である A 1 N 層 1 4 を得ることができる。A 1 N が ( 1 1 - 2 3 ) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A 1 N 層 1 4 では、( 1 1 - 2 3 ) 面の主面部分 1 2 a に対してなす角度が + 1 0 . 7 5 ° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 1 1 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の ( 1 1 - 2 3 ) 面がサファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a と平行な主面である A 1 N 層 1 4 を得ることができる。

40

## 【 0 0 4 4 】

図 5 ( c ) に示すように、サファイア基板 1 1 の主面部分 1 2 a が ( 1 0 - 1 3 ) 面及

50

び非主面部分 12 b が c 面の場合、A1N が (11 - 21) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(11 - 21) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $-26.23^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (11 - 21) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (11 - 22) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(11 - 22) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $-11.58^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (11 - 22) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (11 - 23) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(11 - 23) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $-0.43^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (11 - 23) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。

10

#### 【0045】

図 6 (a) に示すように、サファイア基板 11 の主面部分 12 a が (11 - 23) 面及び非主面部分 12 b が c 面の場合、A1N が (20 - 21) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(20 - 21) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $-13.64^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (20 - 21) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (10 - 11) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(10 - 11) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $-0.37^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 11) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (20 - 23) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(20 - 23) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $+10.28^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (20 - 23) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (10 - 12) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(10 - 12) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $+18.47^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 12) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (10 - 13) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(10 - 13) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $+29.58^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 13) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。

20

30

40

#### 【0046】

図 6 (b) に示すように、サファイア基板 11 の主面部分 12 a が (11 - 21) 面及び非主面部分 12 b が c 面の場合、A1N が (20 - 21) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(20 - 21) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $+4.78^\circ$  である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (20 - 21) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である A1N 層 14 を得ることができる。A1N が (10 - 11) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる A1N 層 14 では、(10 - 11) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が  $+18.05^\circ$

50

である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 11) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (20 - 23) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(20 - 23) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +28.70° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (20 - 23) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (10 - 12) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(10 - 12) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +36.89° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 12) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (10 - 13) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(10 - 13) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +48.00° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 13) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。

10

## 【0047】

図 6 (c) に示すように、サファイア基板 11 の主面部分 12 a が (11 - 22) 面及び非主面部分 12 b が c 面の場合、AlN が (20 - 21) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(20 - 21) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が -4.97° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (20 - 21) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (10 - 11) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(10 - 11) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +8.30° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 11) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (20 - 23) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(20 - 23) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +18.95° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (20 - 23) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (10 - 12) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(10 - 12) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +27.14° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 12) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。AlN が (10 - 13) 面をファセット面として成長する結晶成長条件で得られる AlN 層 14 では、(10 - 13) 面の主面部分 12 a に対してなす角度が +38.25° である。従って、この角度を相殺するサファイア基板 11 のミスカット基板を用いることにより、ファセット面である半極性面の (10 - 13) 面がサファイア基板 11 の主面部分 12 a と平行な主面である AlN 層 14 を得ることができる。

20

30

40

## 【0048】

なお、以上のミスカット基板或いはミスカット基板でないサファイア基板 11 を用い、得られた AlN 層 14 を主面部分 12 a と平行となるように表面研磨することにより、所定の主面を有する AlN テンプレートを得ることもできる。

## 【0049】

< n 型 AlGaIn / AlGaIn 超格子層の形成 >

反応容器内の圧力を 10 ~ 100 kPa とし、また、反応容器内にキャリアガス H<sub>2</sub> を

50

5 ~ 15 L / min の流量で流通させながら、そこにV族元素供給源 (NH<sub>3</sub>)、III族元素供給源1 (TMA)、III族元素供給源2 (TMG)、及びn型ドーピング元素供給源 (SiH<sub>4</sub>) を、それぞれの供給量が0.1 ~ 5 L / min、10 ~ 300 μmol / min、10 ~ 150 μmol / min、及び1 ~ 5 × 10<sup>-3</sup> μmol / minとなるように流す第1操作と、それらの供給量割合を変更する第2操作とを繰り返す。第1及び第2操作の繰り返しは例えば50 ~ 200周期であり、そのガス組成差は約5 ~ 15%である。

#### 【0050】

このとき、図3(c)に示すように、AlN層14に連続して第1のn型AlGaN膜及びそれとは組成の異なる第2のn型AlGaN膜がAlN層14と同一面方位にエピタキシャル成長して交互積層されたn型AlGaN / AlGaN超格子層15が形成される。超格子構造のn型AlGaNの各膜厚は例えば5 ~ 20 nmである。AlN層14上に成長させるn型AlGaN / AlGaN超格子層15の層厚さは例えば0.3 ~ 10 μmである。

10

#### 【0051】

##### <n型AlGaN層の形成>

反応容器内の圧力を10 ~ 100 kPaとし、また、反応容器内にキャリアガスH<sub>2</sub>を5 ~ 15 L / min の流量で流通させながら、そこにV族元素供給源 (NH<sub>3</sub>)、III族元素供給源1 (TMA)、III族元素供給源2 (TMG)、及びn型ドーピング元素供給源 (SiH<sub>4</sub>) を、それぞれの供給量が0.1 ~ 5 L / min、10 ~ 300 μmol / min、10 ~ 150 μmol / min、及び1 ~ 5 × 10<sup>-3</sup> μmol / minとなるように流す。

20

#### 【0052】

このとき、図3(d)に示すように、n型AlGaN / AlGaN超格子層15に連続してn型AlGaNがn型AlGaN / AlGaN超格子層15と同一面方位にエピタキシャル成長してn型AlGaN層16が形成される。n型AlGaN / AlGaN超格子層15上に成長させるn型AlGaN層16の層厚さは例えば10 ~ 300 nmである。

#### 【0053】

##### <多重量子井戸層の形成>

サファイア基板11の温度を800 程度とすると共に反応容器内の圧力を10 ~ 100 kPaとし、また、反応容器内にキャリアガスN<sub>2</sub>を5 ~ 15 L / min の流量で流通させながら、そこにV族元素供給源 (NH<sub>3</sub>)、III族元素供給源1 (TMA)、及びIII族元素供給源2 (TMG) を、それぞれの供給量が0.1 ~ 5 L / min、2 ~ 30 μmol / min、及び2 ~ 30 μmol / minとなるように流す。このとき、n型AlGaN層16に連続してAlGaN井戸層17aが、n型AlGaN層16と同一面方位、従って、AlN層14と同一面方位にエピタキシャル成長して形成される。n型AlGaN層16上に成長させるAlGaN井戸層17aの層厚さは1 ~ 20 nmである。

30

#### 【0054】

次いで、V族元素供給源 (NH<sub>3</sub>)、III族元素供給源1 (TMA)、及びIII族元素供給源2 (TMG) を、III族元素供給源1 (TMA) がIII族元素供給源2 (TMG) に対して割合が多くなるようにそれぞれの供給量を調整して流す。このとき、AlGaN井戸層17aに連続して、それよりもAlの組成割合が多く且つGaの組成割合が少ないAlGaN障壁層17bがAlGaN井戸層17aと同一面方位、従って、n型AlGaN層16及びAlN層14と同一面方位にエピタキシャル成長して形成される。AlGaN井戸層17a上に成長させるAlGaN障壁層17bの層厚さは5 ~ 20 nmである。

40

#### 【0055】

そして、上記と同様の操作を交互に繰り返し、図3(e)に示すように、AlGaN井戸層17aとAlGaN障壁層17bとを交互に形成することにより多重量子井戸層17を構成する。

#### 【0056】

50

上記いずれのAlGaIn井戸層17a及びAlGaIn障壁層17bもn型AlGaIn層16及びAlN層14と同一面方位の主面を有する。従って、主面が非極性面の(11-20)面或いは(10-10)面であるAlN層14を備えた半導体基板Sを用いた場合、AlGaIn井戸層17aの主面は層厚さ方向に極性を有さない非極性面となり、そして、その非極性面上にAlGaIn障壁層17bが形成されることとなるので、ピエゾ分極の影響を回避することができ、このピエゾ分極の影響の回避により、発光効率の低下や注入電流の増大にともなう発光のピーク波長シフトといった問題を改善することができる。

【0057】

なお、活性層内から後述のp型AlGaIn層18への電流リークを防ぐために活性層形成後に電流ブロック層を挿入してもよい。

10

【0058】

< p型AlGaIn層の形成 >

サファイア基板11の温度を1000~1250 とすると共に反応容器内の圧力を10~100kPaとし、また、反応容器内にキャリアガスのH<sub>2</sub>を5~15L/minの流量で流通させながら、そこにV族元素供給源(NH<sub>3</sub>)、III族元素供給源1(TMA)、III族元素供給源2(TMGe)、及びp型ドーピング元素供給源(Cp<sub>2</sub>Mg)を、それぞれの供給量0.1~5L/min、3~30μmol/min、3~30μmol/min、及び0.03~30μmol/minとなるように流す。

【0059】

このとき、図3(f)に示すように、多重量子井戸層17に連続してp型AlGaInがエピタキシャル成長してp型AlGaIn層18が形成される。多重量子井戸層17上に成長させるp型AlGaIn層18の層厚さは例えば5~30nmである。

20

【0060】

なお、p型AlGaIn層18をドーピング元素の濃度が相異なる複数の層で構成してもよい。

【0061】

< p型AlGaIn/AlGaIn超格子層の形成 >

反応容器内の圧力を10~100kPaとし、また、反応容器内にキャリアガスH<sub>2</sub>を5~15L/minの流量で流通させながら、そこにV族元素供給源(NH<sub>3</sub>)、III族元素供給源1(TMA)、III族元素供給源2(TMGe)、及びp型ドーピング元素供給源(Cp<sub>2</sub>Mg)を、それぞれの供給量が0.1~5L/min、10~200μmol/min、10~200μmol/min、及び1~5×10<sup>-3</sup>μmol/minとなるように流す第1操作と、それらの供給量割合を変更する第2操作とを繰り返す。第1及び第2操作の繰り返しは例えば10~100周期であり、そのガス組成差は約5~15%である。

30

【0062】

このとき、図3(g)に示すように、p型AlGaIn層18に連続して第1のp型AlGaIn膜及びそれとは組成の異なる第2のp型AlGaIn膜がp型AlGaIn層18と同一面方位にエピタキシャル成長して交互積層されたp型AlGaIn/AlGaIn超格子層19が形成される。超格子構造のp型AlGaInの各膜厚は例えば5~20nmである。p型AlGaIn層18上に成長させるp型AlGaIn/AlGaIn超格子層19の層厚さは例えば100~300nmである。

40

【0063】

(電極の形成)

図7に示すように、半導体層を積層形成したサファイア基板11を部分的に反応性イオンエッチングすることによりn型AlGaIn/AlGaIn超格子層15を露出させた後、真空蒸着、スパッタリング、CVD(Chemical Vapor Deposition)等の方法によりn型AlGaIn/AlGaIn超格子層15上にn型電極20n及びp型AlGaIn/AlGaIn超格子層19上にp型電極20pをそれぞれ形成する。

【0064】

50

ここで、 $n$ 型電極20nの電極材料としては、例えば、Ti/Al、Ti/Al/Mo/Au、Hf/Au等の積層構造、あるいは合金等が挙げられる。 $p$ 型電極20pとしては、例えば、Pd/Pt/Au、Ni/Au、Pd/Mo/Au等の積層構造、あるいは合金等、又はITO（酸化インジウム錫）などの酸化物系透明導電材料が挙げられる。

【0065】

そして、サファイア基板11を劈開することにより矩形板状の各半導体発光素子10に分断する。各半導体発光素子10は、例えば、約 $300 \times 300 \mu\text{m}$ である。

【0066】

以上のようにして製造した半導体発光素子10は、基板表面12が、主面部分12a及びその主面部分12aとは面方位が異なる非主面部分12bを有するサファイア基板11と、そのサファイア基板11の基板表面12における主面部分12aからAlNが結晶成長することなく、非主面部分12bを起点としてAlNが結晶成長することにより、主面部分12aの法線方向に成長して形成されたAlN層14とを備えた構成を有し、例えばAlGaN系発光ダイオードやAlGaN系半導体レーザとして使用される。また、極性面のc面を主面とするサファイア基板を用いた場合には、法線方向の発光は面内方向の発光の1/10程度に低減されてしまうが、上記半導体発光素子10では、AlN層14におけるサファイア基板11の主面部分12aと平行な面が非極性面である場合、極性面のc面を主面とするサファイア基板を用いた場合の10倍の発光出力を期待することができる。

【0067】

なお、上記実施形態では、半導体発光素子10を対象としたが、特にこれに限定されるものではなく、トランジスタ、太陽電池等の他の電子デバイスであってもよい。

【0068】

また、上記実施形態では、サファイア基板11を有する半導体発光素子10としたが、特にこれに限定されるものではなく、サファイア基板11の基板表面12における主面部分12aの法線方向に結晶成長して形成されたAlN層14をサファイア基板11から分離してAlN基板の半導体基板とし、その上に半導体層を形成したものであってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0069】

本発明は、半導体基板及びその製造方法、並びにそれを用いた電子デバイス及び半導体発光素子について有用である。

【符号の説明】

【0070】

S 半導体基板

10 半導体発光素子

11 サファイア基板

12 基板表面

12a 主面部分

12b 非主面部分

13 凹溝

14 AlN層

10

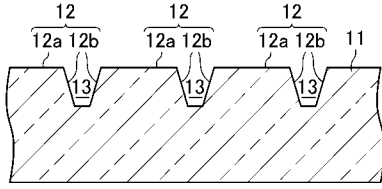
20

30

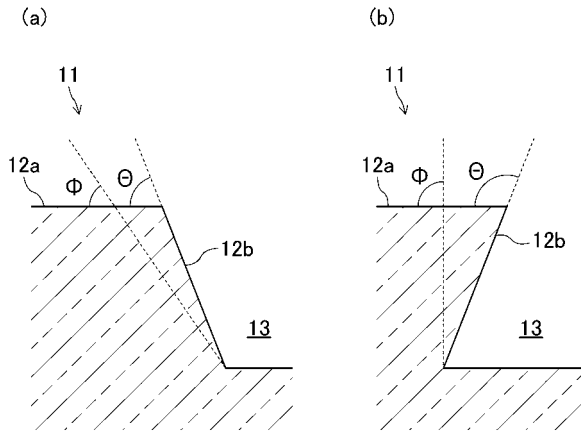
40



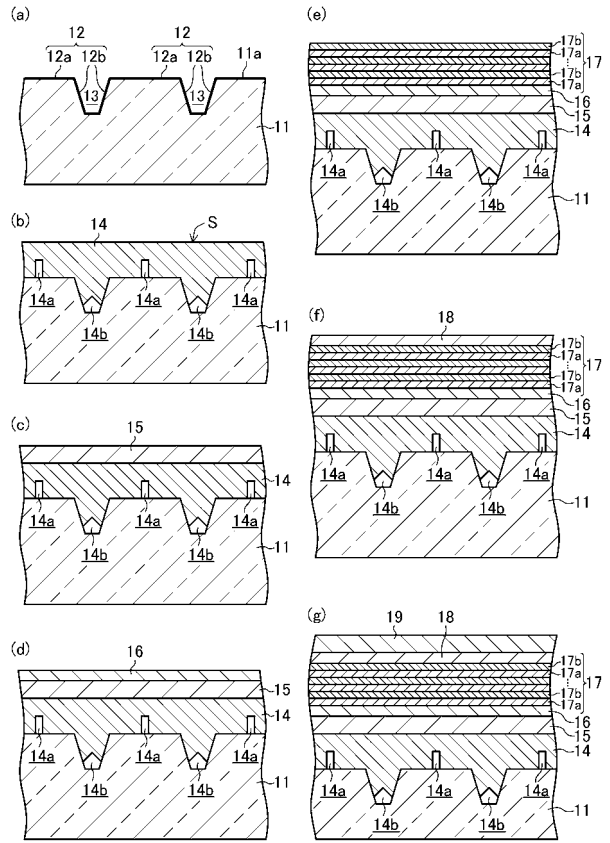
【 図 1 】



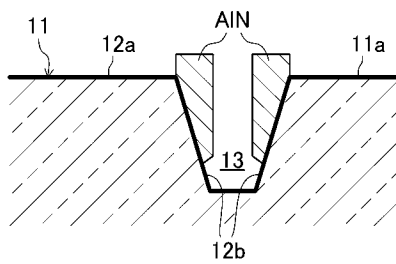
【 図 2 】



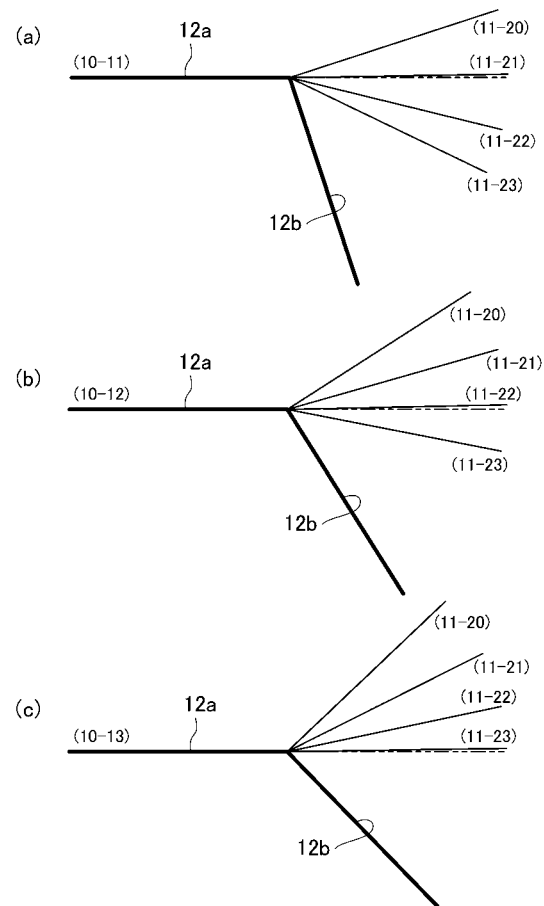
【 図 3 】



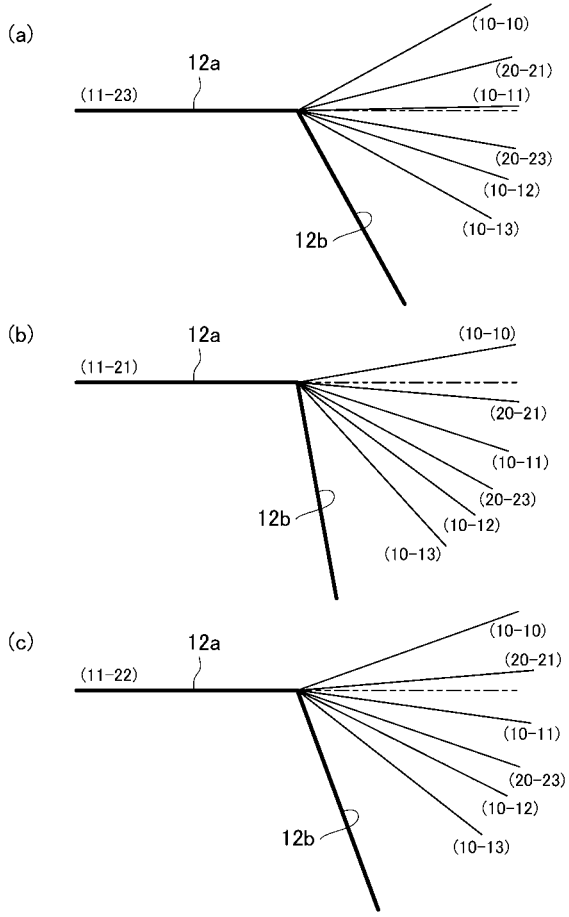
【 図 4 】



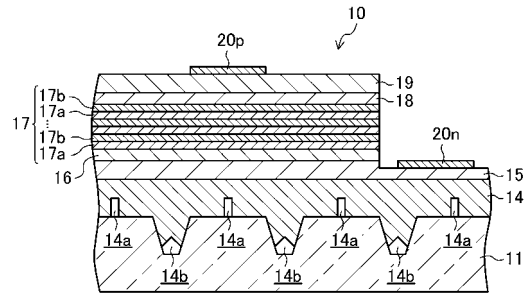
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100117581

弁理士 二宮 克也

(74)代理人 100117710

弁理士 原田 智雄

(74)代理人 100121728

弁理士 井関 勝守

(74)代理人 100124671

弁理士 関 啓

(74)代理人 100131060

弁理士 杉浦 靖也

(72)発明者 只友 一行

山口県宇部市常盤台 2 - 1 6 - 1 国立大学法人山口大学工学部内

(72)発明者 岡田 成仁

山口県宇部市常盤台 2 - 1 6 - 1 国立大学法人山口大学工学部内

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 1 8 4 8 4 2 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 2 5 2 2 4 8 ( J P , A )

特開 2 0 0 8 - 2 3 5 7 6 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4