

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-108435

(P2006-108435A)

(43) 公開日 平成18年4月20日(2006.4.20)

(51) Int. Cl.

H01L 21/205 (2006.01)

F I

H01L 21/205

テーマコード (参考)

5FO45

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2004-293844 (P2004-293844)  
 (22) 出願日 平成16年10月6日 (2004.10.6)

(71) 出願人 000002130  
 住友電気工業株式会社  
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
 (74) 代理人 100064746  
 弁理士 深見 久郎  
 (74) 代理人 100085132  
 弁理士 森田 俊雄  
 (74) 代理人 100083703  
 弁理士 仲村 義平  
 (74) 代理人 100096781  
 弁理士 堀井 豊  
 (74) 代理人 100098316  
 弁理士 野田 久登  
 (74) 代理人 100109162  
 弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

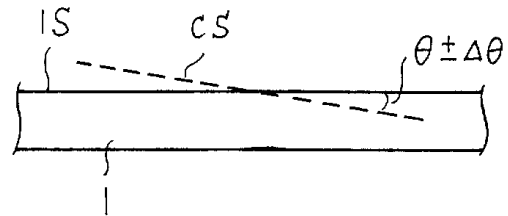
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体ウエハ

(57) 【要約】

【課題】 窒化物半導体基板の主面におけるオフ角の局所的なばらつきを特定または制御することによって、種々の窒化物半導体デバイスの作製のために好ましい特性を有する窒化物半導体基板を提供する。

【解決手段】 平坦な主面を有する窒化物半導体単結晶ウエハ(1)において、その主面(1S)の結晶学的面方位が所定の角度範囲( )内で局所的に変動していることを特徴としている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

平坦な主面を有する窒化物半導体単結晶ウエハであって、前記主面の結晶学的面方位が所定の角度範囲内で局所的に変動していることを特徴とする窒化物半導体ウエハ。

## 【請求項 2】

前記窒化物半導体は  $Al_xGa_yIn_{1-(x+y)}N(0 < x < 1, 0 < y < 1, x + y < 1)$  からなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体ウエハ。

## 【請求項 3】

前記結晶学的面方位が  $0.05^\circ$  より大きく  $1^\circ$  未満の角度範囲内で局所的に変動していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体ウエハ。

10

## 【請求項 4】

前記結晶学的面方位が  $1^\circ$  以上の角度範囲内で局所的に変動していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体ウエハ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、窒化物半導体基板（ウエハ）に関し、特に発光素子、電子デバイス、半導体センサ、弾性表面波デバイスなどの作製に好ましく用いられ得る窒化物半導体基板に関する。

## 【背景技術】

20

## 【0002】

近年では、窒化物半導体を利用して、発光ダイオード、レーザダイオードなどの発光素子；整流器、バイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ、HEMT（高電子移動度トランジスタ）などの電子デバイス；温度センサ、圧力センサ、放射線センサ、可視・紫外光検出器などの半導体センサ、さらにSAW（弾性表面波）デバイスなどが作製されている。

## 【0003】

それらの窒化物半導体デバイスは、図3の模式的な断面図に示されているように、窒化物半導体基板1の一主面1S上にエピタキシャル成長させられた良質の結晶特性を有するエピタキシャル窒化物半導体層2（多層を含む場合もある）を利用して作製される。

30

## 【0004】

特許文献1の特表2003-527296号公報は、平坦な主面を有する  $Al_xGa_yIn_{1-(x+y)}N(0 < x < 1, 0 < y < 1, x + y < 1)$  基板を開示しており、その主面は結晶学的な  $\{0001\}$  面、 $\{11-20\}$  面、 $\{10-10\}$  面、または  $\{10-12\}$  面から  $1 \sim 10^\circ$  の範囲内の角度だけ傾斜させられたオフ角を有する面であることが好ましい旨を述べている。

## 【0005】

たとえば、図2の模式的な断面図に図解されているように、窒化物半導体基板1の主面1Sがその窒化物半導体結晶の低ミラー指数面CS（たとえば  $\{0001\}$  面）から角度だけ傾斜させられている場合、そのような基板はオフ角基板と称される。そして、 $0^\circ$  のオフ角を有する基板は、ジャスト基板と称されることもある。

40

## 【0006】

また、特許文献2の特表2004-502298号公報は、平坦な主面を有する  $Al_xGa_yIn_{1-(x+y)}N(0 < x < 1, 0 < y < 1, x + y < 1)$  基板を開示しており、その主面は結晶学的な  $\{0001\}$  面から  $0.1 \sim 10^\circ$  の範囲内の角度だけ傾斜させられたオフ角を有する面であることが好ましい旨を述べている。

## 【特許文献1】特表2003-527296号公報

## 【特許文献2】特表2004-502298号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0007】

窒化物半導体基板上に平坦で薄い窒化物半導体層をエピタキシャル成長させて良好な半導体デバイスを作製するためには、結晶学的低ミラー指数面 ( $\theta = 0^\circ$ ) またはその面に対して所定のオフ角 ( $\theta = 0^\circ$ ) を有する平坦な基板面を使用することが好ましい。

## 【0008】

しかし、そのような窒化物半導体基板の主面の局所的領域ごとに、光学的特性、電気的特性、および機械的特性などの特性が十分ではないか、ばらつきが生じる問題がある。

## 【0009】

また、窒化物半導体層をエピタキシャル成長させて良好な半導体デバイスを作製するために、窒化物半導体基板面の最適なオフ角を見いだすことが容易ではない。

10

## 【0010】

なぜならば、図1の模式的な断面図に図解されているように、窒化物半導体基板1の主面1Sにおけるオフ角  $\theta$  の局所的なばらつき  $\Delta\theta$  が特定または制御されておらず、基板によってオフ角のばらつき  $\Delta\theta$  に変動があるか、 $\theta$  の値が十分でない ( $< 0.05^\circ$ ) からである。

## 【0011】

以上のような先行技術における状況に鑑み、本発明は、窒化物半導体基板1の主面1Sにおけるオフ角  $\theta$  の局所的なばらつき  $\Delta\theta$  を特定または制御することによって、種々の窒化物半導体デバイスの作製のために好ましい特性を有する窒化物半導体基板を提供することを目的としている。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0012】

本発明によれば、平坦な主面を有する窒化物半導体単結晶ウェハにおいて、その主面の結晶学的面方位が所定の角度範囲内で局所的に変動していることを特徴としている。

## 【0013】

なお、その窒化物半導体は、 $Al_xGa_yIn_{1-(x+y)}N$  ( $0 < x < 1, 0 < y < 1, x + y < 1$ ) であり得る。

## 【0014】

また、窒化物半導体単結晶ウェハの主面の結晶学的面方位が  $0.05^\circ$  より大きく  $1^\circ$  未満の角度範囲内で局所的に変動していることが好ましい。

30

## 【0015】

さらに、窒化物半導体単結晶ウェハの主面の結晶学的面方位が  $1^\circ$  以上の角度範囲内で局所的に変動していてもよい。

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明によれば、窒化物半導体基板1の主面1Sにおけるオフ角  $\theta$  の局所的なばらつき  $\Delta\theta$  を特定または制御することによって、種々の窒化物半導体デバイスの作製のために好ましい特性を有する窒化物半導体基板を提供することができる。このような本発明による窒化物半導体単結晶基板を使用すれば、その上に育成される良質のエピタキシャル窒化物半導体層を利用して、優れた特性の発光素子、電子デバイス、半導体センサ、SAWデバイスなどを作製することが可能になる。

40

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0017】

本発明者らは、物理的に平坦な主面を有する  $Al_xGa_yIn_{1-(x+y)}N$  ( $0 < x < 1, 0 < y < 1, x + y < 1$ ) などの窒化物半導体基板において、その主面内の局所的なオフ角  $\theta$  のばらつき  $\Delta\theta$  を制御することによって、以下のように基板としての所定の好ましい特性が得られることを見出した。

## 【0018】

(実施形態1)  $\theta$  が  $1^\circ$  未満の場合

オフ角  $\theta$  のばらつき  $\Delta\theta$  が  $0^\circ$  より大きくても  $1^\circ$  未満の窒化物半導体基板の場合には

50

、オフ角 のばらつきが全くない  $= 0$  の場合と同等に均一な光・電気的特性を有する基板を得ることができる。この場合に、オフ角 のばらつき が  $0.5^\circ$  未満であることがより好ましい。また、オフ角 のばらつき が  $0.05^\circ$  より大きい窒化物半導体基板の場合には、その劈開による破壊方向が分散することから、基板の加工切断時の亀裂や破損に強い機械的特性が得られる。この場合には、 $0.1^\circ$  以上がより好ましい。

【0019】

なお、オフ角 のばらつき は、たとえば2インチ径ウエハ主面上においてXRD (X線回折) によってオフ角 を5mm間隔で測定し、そのばらつき として求めることができる。

【0020】

また、オフ角 のばらつき が  $0.05^\circ$  より大きく  $1^\circ$  未満の窒化物半導体基板は、たとえば昇華法やHVPE (ハライド気相エピタキシ) 法などによるホモエピタキシャル成長の際の熱膨張などによる基板のそり量が上記オフ角分布の範囲内になるように設定し、その後基板の上下面を平坦に加工することによって作製することができる。また、その基板の主面の50%以上の範囲(主に周縁部を除く)で転位密度を  $10 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$  以下にでき、より好ましくは  $10 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$  以下にすることができる。

【0021】

(実施形態2) が  $1^\circ$  以上の場合

オフ角 のばらつき が  $1^\circ$  以上ある窒化物半導体基板主面上にエピタキシャル成長を行うことによって、実際のデバイス構造を作製する炉で実際の製造条件とまったく同一の条件下で、窒化物半導体基板の最適なオフ角 を効率よく見出すことができる。すなわち、オフ角 のばらつき が  $1^\circ$  以上ある窒化物半導体基板は、最適なオフ角 の探索用基板として利用することができる。

【0022】

より具体的に説明すれば、すべての製造装置において同一の基板オフ角 で良好なエピタキシャル成長層が得られるわけではなく、温度、ガス濃度、ガス流速などの種々の要因に依存して、窒化物半導体基板としての最適なオフ角 が変化する。この場合に、球面状に加工した表面(オフ角 が連続的に変化している)を有する窒化物半導体基板などを用いることによって、その窒化物半導体基板の最適なオフ角 を探索することができる。しかし、基板表面が球面状の場合には、その球面状基板表面の近傍におけるガス流が平坦な基板主面の近傍における場合と一致しないので、その探索されたオフ角 が適切でない場合がある。

【0023】

他方、オフ角 のばらつき が  $1^\circ$  以上ある平坦な主面を有する窒化物半導体基板を利用すれば、平坦な主面の局所的領域によってオフ角 が  $1^\circ$  以上変化しているのだから、実際の製造条件と同じガス流条件下で最適なオフ角 を探索することができる。

【0024】

なお、オフ角 のばらつき が  $1^\circ$  以上の窒化物半導体基は、HVPE法などによるヘテロエピタキシャル成長において、下地基板の表面粗度やそり量を一定値に制御することにより作製することができる。

【0025】

以上のような、本発明による窒化物半導体基板を利用すれば、発光ダイオード、レーザーダイオードなどの発光素子；整流器、バイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ、HEMTなどの電子デバイス；温度センサ、圧力センサ、放射線センサ、可視・紫外光検出器などの半導体センサ；さらにはSAWデバイスなどの特性を改善することができる。

【0026】

また、本発明による窒化物半導体基板では、その主面の50%以上の範囲(主に周縁部を除く)で転位密度を  $10 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$  以下に低減させることができ、好条件下では  $10 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$  以下に低減させることができる。

10

20

30

40

50

## 【0027】

さらに、本発明による窒化物半導体基板は、 $\{0001\}$ 面、 $\{11-20\}$ 面、 $\{10-12\}$ 面、 $\{10-10\}$ 面、 $\{10-11\}$ S面などの低ミラー指数面を主面として有するジャスト( $=0^\circ$ )基板、またはそれらの低ミラー指数面から任意の方向に傾けてスライスした主面を有するオフ角( $>0^\circ$ )基板であり得る。さらにまた、本発明による窒化物半導体基板の主面において、10ミクロン角の範囲(デバイス作製範囲)でRMS(二乗平均粗さ)が500以下になるように表面が加工されていることも好ましい。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0028】

本発明によれば、窒化物半導体基板1の主面1Sにおけるオフ角の局所的なばらつきを特定または制御することによって、種々の窒化物半導体デバイスの作製のために好ましい特性を有する窒化物半導体基板を提供することができる。そして、そのような本発明による窒化物半導体単結晶基板を使用することによって、その上に育成される良質のエピタキシャル窒化物半導体層を利用して、優れた特性の発光素子、電子デバイス、半導体センサ、SAWデバイスなどを作製することが可能になる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0029】

【図1】窒化物半導体基板1の主面1Sにおける結晶学的低ミラー指数面CSに対するオフ角のばらつきを図解する模式的断面図である。

【図2】窒化物半導体基板1の主面1Sにおける結晶学的低ミラー指数面CSに対するオフ角を図解する模式的断面図である。

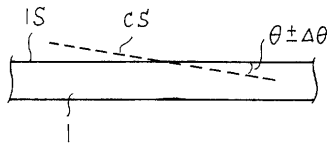
【図3】窒化物半導体基板1の主面1S上に育成されたエピタキシャル窒化物半導体層2を示す模式的断面図である。

## 【符号の説明】

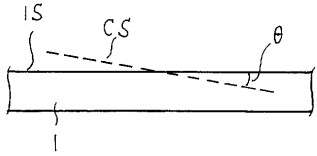
## 【0030】

1 窒化物半導体基板、1S 基板面、2 エピタキシャル窒化物半導体層、CS 結晶学的低ミラー指数面、CSに対する基板面1Sのオフ角、オフ角のばらつき。

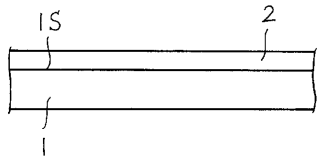
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 宮永 倫正

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 上松 康二

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 岡久 拓司

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 5F045 AA04 AB09 AB14 AF13 CA01 CA07 CA09