

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3824726号  
(P3824726)

(45) 発行日 平成18年9月20日(2006.9.20)

(24) 登録日 平成18年7月7日(2006.7.7)

(51) Int.C1.

H01L 33/00 (2006.01)

F 1

H01L 33/00

C

H01L 33/00

E

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-18007

(22) 出願日

平成9年1月31日(1997.1.31)

(65) 公開番号

特開平10-214998

(43) 公開日

平成10年8月11日(1998.8.11)

審査請求日

平成15年12月2日(2003.12.2)

(73) 特許権者 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22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】窒化物系化合物半導体装置とその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

窒化物系化合物半導体からなるコンタクト層の上に金属電極が形成された窒化物系化合物半導体装置において、

前記コンタクト層は、前記金属電極側に向かって单結晶から多結晶へ結晶性を連続的に変化させることによって連続的に欠陥が増加させられていることを特徴とする窒化物系化合物半導体装置。

## 【請求項2】

窒化物系化合物半導体からなるコンタクト層の上に金属電極が形成された窒化物系化合物半導体装置において、

前記コンタクト層は、前記金属電極側に向かって单結晶からアモルファスへ結晶性を連続的に変化させることによって連続的に欠陥が増加させられていることを特徴とする窒化物系化合物半導体装置。

## 【請求項3】

前記コンタクト層が、 $Ga_xIn_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) からなることを特徴とする請求項1または2に記載の窒化物系化合物半導体装置。

## 【請求項4】

前記コンタクト層のGaの組成比xが前記金属電極側より0から1まで段階的または連続的に変化していることを特徴とする請求項3に記載の窒化物系化合物半導体装置。

## 【請求項5】

窒化物系化合物半導体からなるコンタクト層の上に金属電極が形成された窒化物系化合物半導体装置の製造方法において、前記コンタクト層は、前記金属電極側に向かって、単結晶が得られる温度から徐々に基板温度を下げながら気相成長させられることによって結晶性を連続的に変化させて連続的に欠陥が増加させられることを特徴とする窒化物系化合物半導体装置の製造方法。

**【請求項 6】**

前記コンタクト層は、 $Ga_xIn_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) からなり、成膜中の原料ガスの組成比を変化させて気相成長させられることを特徴とする請求項 5 に記載の窒化物系化合物半導体装置の製造方法。

**【発明の詳細な説明】**

10

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、窒化物系化合物半導体装置とその製造方法に関し、特に、機械的強度に優れた電極構造を有する窒化物系化合物半導体装置とその製造方法に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**

これまで、AIN, GaN, InNなど窒化物系化合物半導体装置に用いられるオーミック接触の形成方法としては、電極となる金属材料に重点を置いて研究がなされており、特開平5-291621号公報に記載されているようにp型電極材料に関してはAu, Pt, Niなどが、n型電極材料に関してはCr, Ti, Alなどが提案されている。

20

**【0003】**

**【発明が解決しようとする課題】**

従来、オーミック接触の形成には単結晶の窒化物系化合物半導体のコンタクト層が用いられ、金属材料を変えることでオーミック接触を得ようと試みられていたが、単結晶の窒化物系化合物半導体は、極めて熱的、化学的に安定な材料であり、金属電極とほとんど反応しないため、金属電極が剥がれ易いと言った機械的強度に問題があった。

**【0004】**

従って、本発明の目的は、剥離などのない機械的強度の大きい電極構造を有する窒化物系化合物半導体装置を提供することである。

**【0005】**

30

**【課題を解決するための手段】**

本発明者らはさまざまなコンタクト層構造を検討した結果、傾斜結晶性コンタクト層を用いることにより、剥離などのない機械的強度に優れた電極構造を見い出すに至った。

**【0006】**

窒化物系化合物半導体からなるコンタクト層の上に金属電極が形成された本発明の窒化物系化合物半導体装置では、前記コンタクト層は、前記金属電極側に向かって単結晶から多結晶へ結晶性を連続的に変化させることによって連続的に欠陥が増加させられていることを特徴とする。

**【0007】**

40

また、窒化物系化合物半導体からなるコンタクト層の上に金属電極が形成された窒化物系化合物半導体装置において、前記コンタクト層は、前記金属電極側に向かって単結晶からアモルファスへ結晶性を連続的に変化させることによって連続的に欠陥が増加させられていることを特徴とする。

**【0008】**

また、前記コンタクト層が、 $Ga_xIn_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) からなることを特徴とする。

**【0009】**

さらに、特に、前記コンタクト層は、Gaの組成比xが前記金属電極側より0から1まで段階的または連続的に変化していることを特徴とする窒化物系半導体装置を提供する。

さらにまた、本発明による窒化物系化合物半導体からなるコンタクト層の上に金属電極が形成された窒化物系化合物半導体装置の製造方法においては、そのコンタクト層は、金

50

属電極側に向かって、単結晶が得られる温度から徐々に基板温度を下げながら気相成長させられることによって連続的に欠陥が増加させられることを特徴としている。その製造方法において、コンタクト層は、 $G_a_x I_n_{1-x} N$  ( $0 < x < 1$ ) からなり、成膜中の原料ガスの組成比を変化させて気相成長させられることが好ましい。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

###### (実施例1)

図1に、窒化物系化合物半導体装置の電極構造の概略を示す断面図を示す。符号1は単結晶p型GaN基板(キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚 $0.5 \mu\text{m}$ )、2は単結晶から多結晶へと結晶性が連続的に変化させた傾斜結晶性p型GaNコンタクト層(キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚 $0.1 \mu\text{m}$ )、3はPdからなる金属電極である。Pdからなる金属電極3の構造は、直径 $200 \mu\text{m}$ の円電極で、電極の中心間距離は $500 \mu\text{m}$ である。

10

#### 【0011】

また、傾斜結晶性p型GaNコンタクト層2は、単結晶p型GaN基板1上に通常のガス条件でMOCVD法により成長されており、基板温度を単結晶が得られる温度(約1000)から多結晶となる温度(約700)まで徐々に下げながら成長させることによって製作した。

#### 【0012】

次に、作製された表面に粘着テープを張り付け、剥がすことによって金属電極とコンタクト層との密着性を評価したところ、従来のような単結晶GaNの上にPdからなる金属電極を蒸着した電極構造では金属電極が剥離したが、本発明のように傾斜結晶性p型GaNコンタクト層2の上に金属電極3を蒸着した電極構造では何らの問題が生じなかった。これは傾斜結晶性p型GaNコンタクト層2の表面の多結晶GaNと金属との反応性が、単結晶GaNと金属の反応性よりも大きいためと考えられる。

20

#### 【0013】

###### (実施例2)

図2に、コンタクト層としてGaN, InN, GaInNからなる傾斜結晶性コンタクト層を用い、金属電極としてPdを蒸着した半導体装置の電流-電圧特性を示す。

#### 【0014】

30

また、図2には比較のために、傾斜結晶性コンタクト層ではなく、単結晶層の上に多結晶層を形成した2層構造とし、その上に金属電極を蒸着した電極構造を有する半導体装置の電流-電圧特性を点線で示す。この2層構造は、単結晶p型GaN基板上に通常のガス条件でMOCVD法により成長されており、基板温度を1000にして単結晶層を形成した後、基板温度を700にして多結晶層を形成して作製した。

#### 【0015】

このような単結晶層の上に多結晶層を成長した電極構造の場合、金属電極とコンタクト層との機械的強度は改善されるが、結晶性を連続的に変化させた傾斜結晶性コンタクト層を用いた電極構造よりも電流が流れにくくなっている。これは、単結晶/多結晶との界面に多数存在する欠陥準位が原因と考えられる。一方、結晶性を連続的に変化させた電極構造の場合、欠陥準位も多結晶方向から単結晶方向へ連続的に消失するため電流が流れ易くなると考えられる。

40

#### 【0016】

また、図2から、InN, GaN, GaInNからなる傾斜結晶性コンタクト層の順番に、電流が流れやすくなっていることが分かる。

#### 【0017】

図3～図5に、GaN, InN, GaInNのそれぞれのコンタクト層の結晶性と組成分布、およびバンド図を示す。なお、GaInNからなる傾斜結晶性コンタクト層は、成膜中の原料ガスの組成比(例えば、原料ガスとしてトリメチルガリウム(TMГ)とトリメチルインジウム(TMI)を用いた場合にはTMГ/(TMГ+TMI))を、1から0

50

へと変化させることで作製している。この場合、組成比を変化させる方法としては段階的または連続的の2つが考えられるが、特性的にはほぼ同一であった。

#### 【0018】

図3(a)は、単結晶p型GaN基板1と傾斜結晶性p型GaNコンタクト層2との結晶性を模式的に示した図である。また、図3(b)は、横軸が位置を示し、縦軸が組成比を示す組成分布の図である。図3(c)には、横軸に位置を示しているバンド図を示しており、バンド図中の短い実線は欠陥順準位を示している。図3(c)に示されるように、欠陥準位が単結晶方向位置するにつれて少なくなっている。

#### 【0019】

また、図4(a)～図4(c)は、傾斜結晶性p型InNコンタクト層41を用いた場合の図を図3(a)～図3(c)と同様に示した。これは、InNをコンタクト層として用いた場合、図4(c)に示されるようにGaN層とのバンドギャップの不連続によって電流が流れにくくなっているためである。

10

#### 【0020】

また、図5(a)～図5(c)は、傾斜結晶性p型GaNInNコンタクト層51を用いた場合の図を図3(a)～図3(c)と同様に示した。これは、GaNInNをコンタクト層として用いた場合は、図5(b)のようにIn、GaNの組成がなだらかに変化させることによって、図5(c)に示されるようにバンドギャップの不連続がなめらかに変化するため電流は流れ易くなる。

#### 【0021】

20

#### (実施例3)

図6に、窒化物系化合物半導体装置の電極構造の概略を示す断面図を示す。符号1は単結晶p型GaN基板(キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚0.5μm)、4は単結晶からアモルファスへと結晶性を連続的に変化させた傾斜結晶性p型GaNコンタクト層(キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚0.1μm)、3はPdからなる金属電極である。Pdからなる金属電極3の構造は、直径200μmの円電極で、電極の中心間距離は500μmである。

#### 【0022】

また、傾斜結晶性p型GaNコンタクト層4は、単結晶p型GaN基板1上に通常のガス条件でMOCVD法により成長されており、基板温度を単結晶が得られる温度(約1000)からアモルファスとなる温度(約400)まで徐々に下げるながら作製した。

30

#### 【0023】

次に、作製された表面に粘着テープを張り付け、剥がすことによって金属電極とコンタクト層との密着性を評価したところ、単結晶GaNの上にPdを蒸着した電極構造では金属電極が剥離したが、本発明のように傾斜結晶性p型GaNコンタクト層4の上に金属電極3を蒸着した電極構造では何らの問題がなかった。また、多結晶の場合よりもアモルファスの場合には、さらに機械的強度が高まった。これは傾斜結晶性p型GaNコンタクト層4の表面のアモルファスの場合の方が、傾斜結晶性p型GaNコンタクト層2の表面の多結晶の場合よりも金属との反応性が大きいためと考えられる。

#### 【0024】

40

#### (実施例4)

図7に、コンタクト層としてGaN、InN、GaNInNからなる単結晶からアモルファスまで結晶性を変化させた傾斜結晶性コンタクト層を用い、金属電極としてPdを蒸着した半導体装置の電流-電圧特性を示す。

#### 【0025】

また、図7には比較のために、傾斜結晶性コンタクト層ではなく、単結晶層の上にアモルファス層を形成した2層構造とし、その上にPdからなる金属電極を蒸着した電極構造を有する半導体装置の電流-電圧特性を点線で示す。この2層構造は、単結晶p型GaN基板上に通常のガス条件でMOCVD法により成長されており、基板温度を1000にして単結晶層を形成した後、次いで、基板温度を400にしてアモルファス層を形成して

50

作製した。

**【0026】**

このような単結晶層の上にアモルファス層を成長した電極構造の場合、結晶性を連続的に変化させた傾斜結晶性コンタクト層を用いた電極構造よりも電流が流れにくくなっている。これは、単結晶／多結晶／アモルファスとの界面での欠陥準位のために、電流が流れにくくなると考えられる。

**【0027】**

また、図7に示されるように、InN, GaN, GaInN傾斜結晶性コンタクト層の順番に、電流が流れやすくなっていることが分かる。

**【0028】**

図8～10に、GaN, InN, GaInNのそれぞれのコンタクト層の結晶性と組成分布、およびバンド図を示す。

**【0029】**

図8(a)は、単結晶p型GaN基板1と傾斜結晶性p型GaNコンタクト層4との結晶性を模式的に示した図である。また、図8(b)は、横軸が位置を示し、縦軸が組成比を示す組成分布の図である。図8(c)には、横軸に位置を示しているバンド図を示している。図8(c)に示されるように、欠陥準位が単結晶方向に位置するにつれて少なくなっている。

**【0030】**

また、図9(a)～図9(c)は、傾斜結晶性p型InNコンタクト層91を用いた場合の図3(a)～図3(c)と同様に示した。これは、InNをコンタクト層として用いた場合、図9(c)に示されるようにGaN層とのバンドギャップの不連続によって電流が流れにくくなっているためである。

**【0031】**

また、図10(a)～図10(c)は傾斜結晶性p型GaInNコンタクト層41を用いた場合の図3(a)～図3(c)と同様に示した。これは、GaInNをコンタクト層として用いた場合は、図10(b)のようにIn、Gaの組成を連続的に変化させることによって、図10(c)に示されるようにバンドギャップの不連続性がなめらかに変化するため電流は流れ易くなる。

**【0032】**

**【発明の効果】**

本発明によれば、窒化物系化合物半導体装置において、金属電極の剥離などの問題の生じない機械的強度に優れた電極構造を有する窒化物系化合物半導体を得ることが可能となる。

**【0033】**

また、電極構造のコンタクト層の組成を連続的に変化させることによって、バンドギャップがなめらかに変化するため、電流が流れやすくすることができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】**実施の形態1に示す窒化物系化合物半導体装置の電極構造の断面図である。

**【図2】**実施の形態1の窒化物系化合物半導体装置での電流・電圧特性を示す図である。

**【図3】**実施の形態1の傾斜結晶性p型GaNコンタクト層を含む電極構造の結晶性と組成分布、およびバンド図を表す図である。

**【図4】**実施の形態1の傾斜結晶性p型InNコンタクト層を含む電極構造の結晶性と組成分布、およびバンド図を表す図である。

**【図5】**実施の形態1の傾斜結晶性p型GaInNコンタクト層を含む電極構造の結晶性と組成分布、およびバンド図を表す図である。

**【図6】**実施の形態2に示す窒化物系化合物半導体装置の電極構造の断面図である。

**【図7】**実施の形態2の窒化物系化合物半導体装置での電流・電圧特性を示す図である。

**【図8】**実施の形態2の傾斜結晶性p型GaNコンタクト層を含む電極構造の結晶性と組成分布、およびバンド図を表す図である。

10

20

30

40

50

【図9】実施の形態2の傾斜結晶性p型InNコンタクト層を含む電極構造の結晶性と組成分布、およびバンド図を表す図である。

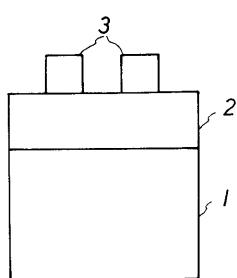
【図10】実施の形態2の傾斜結晶性p型InGaNコンタクト層を含む電極構造の結晶性と組成分布、およびバンド図を表す図である。

【符号の説明】

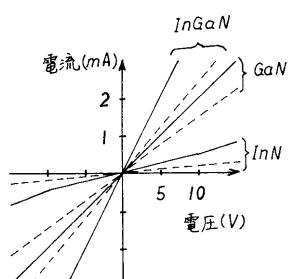
- 1 p型GaNコンタクト層
- 2、4 傾斜結晶性p型GaNコンタクト層
- 3 金属電極
- 4 1、8 1 傾斜結晶性p型InNコンタクト層
- 5 1、9 1 傾斜結晶性p型InGaNコンタクト層

10

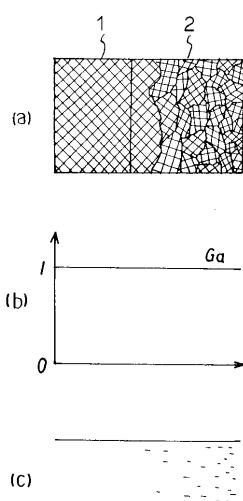
【図1】



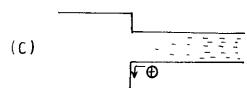
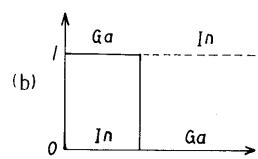
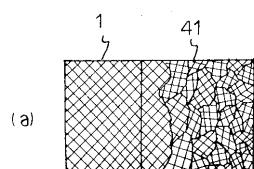
【図2】



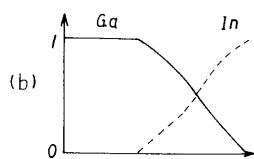
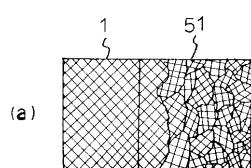
【図3】



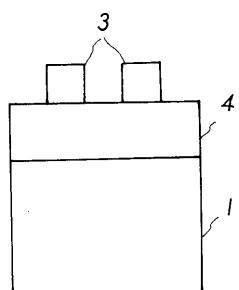
【図4】



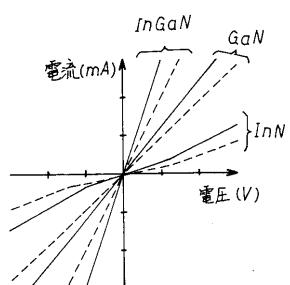
【図5】



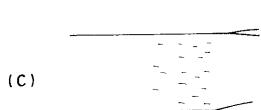
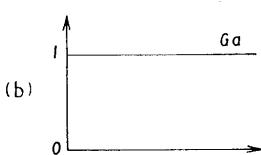
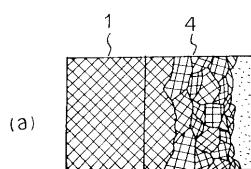
【図6】



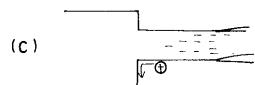
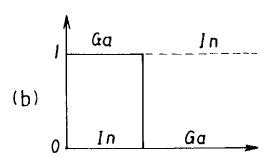
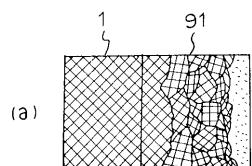
【図7】



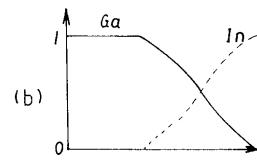
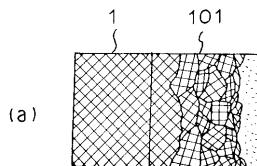
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

(72)発明者 寺口 信明

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

審査官 岡田 吉美

(56)参考文献 特開平06-252514 (JP, A)

特開平05-315647 (JP, A)

特開昭57-013757 (JP, A)

1996年(平成8年)秋季第57回応用物理学会学術講演会予稿集, 1996年, 第1分冊 10a-ZF-9  
, p.298

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00

H01S 5/00 - 5/50