

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12)特許公報 ( B 1 )

(11)特許番号

## 第2884083号

(45)発行日 平成11年(1999) 4月19日

(24)登録日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号

H01L 33/00

21/203

29/43

F I

H01L 33/00 C

21/203 S

29/46 H

請求項の数16 (全7頁)

(21)出願番号 特願平10 - 77140

(22)出願日 平成10年(1998) 3月25日

審査請求日 平成10年(1998) 3月25日

(73)特許権者 391012246  
静岡大学長  
静岡県静岡市大谷836

(72)発明者 角谷 正友  
静岡県浜松市富塚町278 - 1 パークウ  
ッド ケイアイ - 1 エイ

(72)発明者 吉本 護  
神奈川県相模原市相模大野 4 - 2 - 5 -  
1012

(72)発明者 福家 俊郎  
静岡県浜松市佐鳴台 3 - 40 - 8

(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外 8 名)

審査官 吉野 三寛

最終頁に続く

(54)【発明の名称】金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法及びこの方法を用いて製造した光放出半導体デバイス

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 層形成されるべき表面を有する絶縁性基板上に金属層を形成し、この金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成するに当たり、単結晶の結晶構造を有する絶縁性基板上に、エピタキシャル成長した金属層を形成し、この金属層上に、エピタキシャル成長法により単結晶の結晶構造を有する半導体層を形成することを特徴とする金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項2】 前記絶縁性基板をサファイア基板で構成し、このサファイア基板の層形成されるべき面をc面とし、このサファイア基板のc面上に白金の層を(111)方向に堆積し、形成された白金層上にIII族の窒化物半導体材料層をエピタキシャル成長法により形成することを特徴とする請求項1に記載の金属層上にエピタキ

2

シャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項3】 前記白金層をスパッタリング処理により堆積することを特徴とする請求項2に記載の金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項4】 前記スパッタリング工程において、サファイア基板を400 ~ 700の温度範囲に維持しながら白金層をエピタキシャル成長させることを特徴とする請求項3に記載の金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項5】 前記基板の温度をほぼ500としたことを特徴とする請求項4に記載の金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項6】 前記白金のエピタキシャル層を成長した後、不活性ガス雰囲気下において600 ~ 900の温度範囲でアニール処理を行い、その後半導体層をエピタ

10

キシャル成長させることを特徴とする請求項 2 に記載の金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項 7】 前記半導体層のエピタキシャル成長工程を、低温エピタキシャル成長工程と高温エピタキシャル成長工程との 2 段階により行うことを特徴とする請求項 2 に記載の金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項 8】 前記低温エピタキシャル成長工程において基板をほぼ 6 0 0 維持し、高温エピタキシャル成長工程において基板をほぼ 1 0 0 0 に維持することを特徴とする請求項 7 に記載の金属層上にエピタキシャル成長した単結晶の半導体層を形成する方法。

【請求項 9】 前記窒化物半導体材料を窒化ガリウムとし、有機金属気相成長法により単結晶の窒化ガリウム層を形成することを特徴とする請求項 2 に記載の金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法。

【請求項 1 0】 層形成されるべき表面を有する絶縁性基板上に金属層を形成し、この金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成するに当たり、層形成すべき面として c 面を有するサファイア基板を用意し、このサファイア基板の c 面上に、スパッタリング処理により白金層を ( 1 1 1 ) 方向に堆積し、堆積した白金層上にエピタキシャル成長法により窒化ガリウム層を堆積することを特徴とする金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項 1 1】 前記窒化ガリウム層を堆積する際、前記基板を第 1 の温度に維持しながら第 1 の窒化ガリウム層を形成し、その後基板を前記第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に維持しながら前記第 1 の窒化ガリウム層よりも厚い第 2 の窒化ガリウム層を堆積することを特徴とする請求項 1 0 に記載の金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法。

【請求項 1 2】 前記第 1 の温度をほぼ 6 0 0 とし、前記第 2 の温度をほぼ 1 0 0 0 としたことを特徴とする請求項 1 1 に記載の金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項 1 3】 層形成されるべき表面を有する絶縁性基板上に金属層を形成し、この金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成するに当たり、層形成すべき面として c 面を有するサファイア基板を用意し、このサファイア基板の c 面上に、スパッタリング処理により白金層を ( 1 1 1 ) 方向に堆積し、堆積した白金層上にエピタキシャル成長法により窒化アルミニウムのバッファ層を形成し、このバッファ層上にエピタキシャル成長法により窒化ガリウム層を堆積することを特徴とする金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法。

【請求項 1 4】 層形成されるべき表面を有する単結晶構造の絶縁性基板と、この絶縁性基板上に形成され、単

結晶構造を有し第 1 の電極を構成する第 1 の金属層と、この第 1 の金属層上にエピタキシャル成長法により形成した第 1 導電型の第 1 のクラッド層と、この第 1 のクラッド層上に形成した活性層と、この活性層上に形成され、前記第 1 導電型とは反対の第 2 導電型の第 2 のクラッド層と、この第 2 クラッド層上に形成した第 2 の電極とを具えることを特徴とする光放出半導体デバイス。

【請求項 1 5】 前記絶縁性基板をサファイア基板で構成し、このサファイア基板の層形成されるべき面を c 面とし、前記第 1 の金属層を、スパッタリング処理によりサファイア基板の c 面上に ( 1 1 1 ) 方向に形成した白金層とし、前記第 1 及び第 2 のクラッド層を有機金属気相成長法により堆積した窒化ガリウム層で構成したことを特徴とする請求項 1 4 に記載の光放出半導体デバイス。

【請求項 1 6】 前記第 1 の金属層と第 1 のクラッド層との間に窒化ガリウム又は窒化アルミニウムのバッファ層が介在することを特徴とする請求項 1 5 に記載の光放出半導体デバイス。

## 20 【発明の詳細な説明】

### 【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、絶縁性基板上に金属 - 半導体の層構造体を形成する方法及びこの方法により製造した光放出半導体デバイスに関するものである。

### 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】窒化ガリウム ( Ga N ) をベース材料とする青色半導体レーザの実用化が強く要請されている。図 1 は従来の窒化ガリウムをベース材料と半導体レーザの構造を示す線図である。窒化ガリウムは単結晶のウエハを製造することができないため、基板材料としてサファイア基板 1 が用いられ、このサファイア基板 1 上に窒化ガリウムのバッファ層 2 が形成され、このバッファ層 2 上に例えば 3 μ m の厚い厚さの n 型の窒化ガリウムの第 1 のクラッド層 3 が形成されている。そして、このクラッド層 3 上に活性層 4 が形成され、活性層上に p 型の第 2 のクラッド層 5 が形成され、この第 2 のクラッド層上に p - 電極 6 が形成されている。n - 電極を形成するため、パターニング処理を行って第 1 のクラッド層 3 の側部が部分的に除去され、第 1 のクラッド層 3 の側部に n - 電極 7 が形成されている。

【 0 0 0 3 】この半導体レーザの電流通路は、n - 電極 7、第 1 のクラッド層 3、活性層 4、第 2 のクラッド層 5 及び p - 電極 6 に沿って形成される。

### 【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の半導体レーザは、第 1 のクラッド層の側部に n - 電極が形成された構造とされているため、n - 電極から供給されたキャリアは第 1 のクラッド層を横方向に沿って走行して活性層に供給される。このため、第 1 のクラッド層の電気抵抗が大きくなり、この結果消費電力が大きくなるばか

5

りでなく、動作電圧も高くなる不都合が生じている。

【0005】さらに、n - 電極を形成するためにパターニング等の種々の処理が必要となるため、製造工程が複雑になる欠点もあった。

【0006】一方、これらの欠点は、絶縁性の基板上に電極を構成する金属層を形成し、この金属層上に半導体材料の単結晶層が直接形成できれば全て解消することができる。すなわち、サファイア基板上に電極を構成する金属層を直接形成し、この金属層上に窒化ガリウムの単結晶層が形成できれば、電極から供給されたキャリアは薄い厚さのクラッド層を経て活性層内に供給されるので、クラッド層の電気抵抗を大幅に減少させることができる。

【0007】また、太陽電池や光センサのように、絶縁性基板上に種々の半導体材料層を形成することにより半導体デバイス又はデバイスアレイが形成される場合にも、絶縁性基板上に形成した金属層上に半導体材料の単結晶層が直接形成できれば、デバイスの効率及び製造工程を大幅に改善することができる。

【0008】従って、本発明の目的は、絶縁性基板上に形成した金属層上に単結晶構造の半導体層を直接又は薄いバッファ層を介して形成できる金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法を提供することにある。

【0009】さらに、本発明の別の目的は、消費電力が少なく且つ動作電圧が一層低い光放出半導体デバイスを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法は、層形成されるべき表面を有する絶縁性基板上に金属層を形成し、この金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成するに当たり、単結晶の結晶構造を有する絶縁性基板上に、エピタキシャル成長した金属層を形成し、この金属層上に、エピタキシャル成長法によりエピタキシャル成長した半導体層を形成することを特徴とする。

【0011】本発明者が金属 - 半導体層構造について種々の実験及び解析を行った結果、単結晶構造の絶縁性基板を特定の結晶面を層形成すべき面とし、この特定の面上に金属膜を特定の結晶軸方向に堆積させることによりエピタキシャル成長した金属層が形成できることが判明した。そして、このエピタキシャル成長した金属層上に、エピタキシャル成長法により半導体層を成長させれば、エピタキシャル成長した単結晶の半導体層が形成できることも判明した。本発明はこのような実験及び解析結果に基づくものであり、絶縁性の単結晶基板上にエピタキシャル成長した金属層を形成し、この金属層上にエピタキシャル成長法により単結晶の半導体層を形成する。この単結晶半導体層の形成方法を利用することにより、金属層上に単結晶の半導体層を直接形成できるので、絶縁性基板上に電極を構成する金属層を形成し、こ

6

の金属層上に半導体層構造を形成することにより半導体デバイスが完成する用途に極めて有益である。特に、電極を構成する金属層上に単結晶半導体層が直接又は薄いバッファ層を介して形成できるので、窒化ガリウムのようにウェハが得られない半導体材料をベース材料とする半導体デバイスの製造に極めて有益である。尚、本発明は、半導体レーザやLEDのような光放出半導体デバイスだけでなく、太陽電池や光センサのように絶縁性基板上に金属層及び半導体層を積層することにより構成される種々の半導体デバイスにも適用することができる。半導体層をエピタキシャル成長させる方法として、有機金属気相成長法、液相エピタキシャル成長法、気相エピタキシャル成長法、分子線エピタキシャル成長法等の種々のエピタキシャル成長法を用いることができる。

【0012】本発明による金属層上にエピタキシャル成長した半導体層を形成する方法の好適実施例は、絶縁性基板をサファイア基板で構成し、このサファイア基板の層形成されるべき面をc面とし、このサファイア基板のc面上に白金の層を(111)方向に形成し、形成された白金層上にIII族の窒化物半導体材料層をエピタキシャル成長法により形成することを特徴とする。本発明者が、サファイア基板について種々の解析を行った結果、サファイア基板のc面上にスパッタリング処理により白金の層を(111)方向に堆積することにより全体として結晶方位が様な単結晶の金属膜が形成できることが判明した。この理由として、スパッタリング処理は比較的膜厚の制御がし易いため、白金の原子又は分子が下地のサファイア基板又は白金層の安定なサイトを見つけてゆっくりと堆積するからであると考えられる。このような観点より、白金の堆積方法として液相エピタキシャルのような一層平衡で熱的に安定な状態でエピタキシャル成長が行われる堆積方法も利用することができる。このような認識に基づき、本発明の好適実施例では絶縁性基板としてサファイア基板を用い、このサファイア基板のc面上にスパッタリング処理により白金層を(111)方向に堆積する。

【0013】本発明による方法の好適実施例は、スパッタリング工程において、サファイア基板を400 ~ 700の温度範囲に維持しながら白金層をエピタキシャル成長させることを特徴とする。本発明者がスパッタリング処理について種々の実験を行った結果、400 から700の温度範囲に基板を維持しながらスパッタリングを行った場合、良好にエピタキシャル成長した白金層が形成できることを見出した。特に、サファイア基板をほぼ500に維持しながらスパッタリングを行うことにより、結晶方位のバラツキの少ない良好な白金のエピタキシャル層を形成することができることが判明した。尚、スパッタリング処理として、D.C.スパッタリング、マグネトロンスパッタリング、リアクティブスパッタリング等の種々のスパッタリング処理を用いるこ

とができる。

【0014】本発明による方法の好適実施例は、白金のエピタキシャル層を成長した後、不活性ガス雰囲気下において600～900の温度範囲でアニール処理を行い、その後半導体層をエピタキシャル成長させることを特徴とする。このアニール処理を行うことにより、エピタキシャル成長した白金層の表面を一層平坦化することができる。この平坦化処理を行ってから半導体層をエピタキシャル成長させることにより、下地の白金層と上側の半導体層との間で合金化することを防止できる利点も考えられる。このアニール処理の温度範囲として、900を超える温度でアニール処理すると一旦堆積した白金が脱着するおそれがある。一方、600以下の温度では十分な平坦化を行うことができない。従って、アニール処理の温度は600～900の範囲が好ましい。

【0015】本発明による方法の好適実施例は、半導体層のエピタキシャル成長工程を、低温エピタキシャル成長工程と高温エピタキシャル成長工程との2段階により行うことを特徴とする。金属層上に半導体層をエピタキシャル成長させる場合、下側の金属と半導体とが合金化するおそれがある。このような場合、半導体層のエピタキシャル成長を低温エピタキシャルと高温エピタキシャルの2段階に分けて行うことにより、合金化が生ずるのを有効に防止できることが考えられる。この2段階エピタキシャル成長工程において、低温エピタキシャル成長工程中において基板をほぼ600維持し、高温エピタキシャル成長工程において基板をほぼ1000に維持することが好ましい。このように温度設定することにより、合金化を有効に防止することができる。

【0016】下側の白金層と上側の窒化ガリウム層との間で合金化が生ずるのを防止する観点より、これらの層間にバッファ層を介在させることも有益である。このバッファ層として、例えば500～800の比較的低温度で堆積した窒化ガリウムや窒化アルミニウム層を用いることができる。このバッファ層の材料としては、下側の白金層と合金化しにくく、しかも上側に堆積される窒化ガリウムと格子定数差が小さい材料が好ましい。

【0017】本発明による光放出半導体デバイスは、層形成されるべき表面を有する単結晶構造の絶縁性基板と、この絶縁性基板上にエピタキシャル成長形成され、第1の電極を構成する第1の金属層と、この第1の金属層上にエピタキシャル成長法により形成した第1導電型の第1のクラッド層と、この第1のクラッド層上に形成した活性層と、この活性層上に形成され、前記第1導電型とは反対の第2導電型の第2のクラッド層と、この第2クラッド層上に形成した第2の電極とを具えることを特徴とする。本発明の半導体レーザは、絶縁性基板上に第1の電極を構成する金属層が形成され、この金属層上にレーザダイオードを構成する半導体層が順次形成されているので、電極から活性層に供給されるキャリアの走

行距離が一層短くでき、この結果消費電力が少なく且つ動作電圧が一層低い半導体レーザ及び発光ダイオード(LED)を実現することができる。

【0018】本発明による半導体レーザの好適実施例は、絶縁性基板をサファイア基板で構成し、前記第1の金属層をサファイア基板のc面上に(111)方向の結晶方位に沿って形成した白金層とし、前記第1及び第2のクラッド層を有機金属気相成長法により堆積した窒化ガリウム層で構成したことを特徴とする。

10 【0019】

【発明の実施の形態】図2は本発明による金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法を説明するための線図的断面図である。本例では、窒化ガリウムをベース材料とする半導体レーザを製造するための層構造を形成する場合について説明する。絶縁性基板として単結晶構造を有するサファイア基板10を用いる。このサファイア基板10は層構造体を形成すべき表面10aを有し、この表面10a上に金属層及び半導体層を順次形成する。本例では、層構造を形成すべき表面10aとしてc面を用いる。尚、サファイア基板10の層形成すべき面10aは、通常の鏡面研磨した表面でもよく、或いは高温アニール処理により超平坦化処理をした表面でもよく、いずれの表面でも上側に金属層をエピタキシャル成長させることができる。

20 【0020】このサファイア基板のc面上に、電極を構成する金属層11を堆積する。本例では、スパッタリング処理により白金を(111)方向に沿って堆積し、結晶方位の揃った白金層11を形成する。この白金層11の厚さは、例えば100～1000オングストロームすることができる。この白金層の堆積方法として、スパッタリング以外の方法としてLPE(液層エピタキシャル)のような結晶方位の揃った金属層を堆積できる種々の堆積方法を用いることができる。尚、金属層11はオーミック電極を構成するため、上側に形成される半導体層の材料の仕事関数を考慮して適切なオーミック電極が形成できるように材料を選択する必要がある。

30 【0021】次に、必要に応じて、不活性ガスの雰囲気下において高温アニール処理を行って白金層11の表面を平坦化処理を行う。このアニール処理により、上側に成長される半導体と白金との間で合金化が生じにくくする作用が期待できる。尚、このアニール処理の温度として600～900の温度範囲で行うことができる。

40 【0022】次に、白金層11上に窒化ガリウム層12を有機金属気相エピタキシャル成長法により形成する。この窒化ガリウム12は、エピタキシャル成長時の温度及び成長条件を最初から終了時まで一定に維持しながら1段階で行うことができ、或いはエピタキシャル成長温度を低温エピタキシャル成長と高温エピタキシャル成長の2段階に分けて行うこともできる。或いは、低温から高温まで温度を時間的に連続して変化させるように、

50

エピタキシャル成長条件を時間的に連続して変えながらエピタキシャル成長させることもできる。

【0023】本例では、低温エピタキシャル成長と高温エピタキシャル成長の2段階で行い、低温エピタキシャル成長により形成した半導体層をバッファ層12aとして利用する。このバッファ層12aは、下地の金属層と上側の半導体層との間の格子定数の差が大きい場合に格子定数の差を緩和するために有用である。また、このバッファ層12aは、下側の白金層11と上側の窒化ガリウム層12との間で合金化が生ずるのを防止する有用な作用も果たすことができる。

【0024】本例では、バッファ層12aとしてGaN層を用いる。このバッファ層の成長条件一例を以下に示す。原料ガスとしてトリメチルガリウム(TMGa)を用いた。

TMGaの供給量： $2.86 \times 10^{-6}$  mol/min

TMGaの流量：1.3 ccm

H<sub>2</sub> (MO) 流量：500 ccm

H<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) 流量：500 ~ 1250 ccm

NH<sub>3</sub> の供給量：1.12 ~ 4.46 × 10<sup>-2</sup> mol/min

NH<sub>3</sub> の流量：250 ~ 1000 ccm

V/III 比：4000 ~ 15000

基板温度：600

【0025】尚、バッファ層12aとしてGaN層以外の層としてAlN層を用いることができ、このAlNバッファ層のエピタキシャル成長条件の一例を以下に示す。尚、原料ガスとしてトリメチルアルミニウム(TMAI)を用いた。

TMAIの供給量： $2.45 \sim 4.9 \times 10^{-6}$  mol/min

TMAIの流量：5 ~ 10 ccm

H<sub>2</sub> (MO) 流量：500 ccm

H<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) 流量：1430 ~ 500 ccm

NH<sub>3</sub> の供給量：0.31 ~ 4.46 × 10<sup>-2</sup> mol/min

NH<sub>3</sub> の流量：70 ~ 1000 ccm

V/III 比：1100 ~ 18000

基板温度：500 ~ 800

【0026】次に、同一の有機金属気相エピタキシャル成長装置を用いてデバイスの有用な構成層となる窒化ガリウム層12をエピタキシャル成長させる。この窒化ガリウム層12のエピタキシャル成長条件の一例を以下に示す。

TMGaの供給量： $2.86 \times 10^{-6}$  mol/min

TMGaの流量：1.3 ccm

H<sub>2</sub> (MO) 流量：500 ccm

H<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) 流量：750 ccm

NH<sub>3</sub> の供給量： $3.35 \times 10^{-2}$  mol/min

NH<sub>3</sub> の流量：750 ccm

V/III 比：12000

基板温度：1040

【0027】次に、必要に応じて例えば900程度の温度でアニール処理を行い、窒化ガリウム層12の表面を平坦化することができる。この平坦化処理は、窒化ガリウム層12の表面に凹凸が生じた場合に特に有用である。

【0028】次に、上述した製造方法に基づき実際にサンプルを作成し、単結晶の窒化ガリウム層が白金層上に直接堆積できるかについて確認実験を行った。サンプルの製造条件は以下の通りである。

(1) 絶縁性基板

材料：サファイア、

層形成すべき面：c面

(2) 白金層

厚さ：100nm

結晶方位：(111)方向

形成方法：DCスパッタリング(Arガス：20scm、圧力：1mTorr)

(3) 窒化ガリウム層

窒化ガリウム層の形成に際し、低温エピタキシャル成長と高温エピタキシャル成長の2段階で行い、低温エピタキシャル成長層をバッファ層とした。

(低温エピタキシャル成長層)

厚さ：20nm

TMGaの供給量： $2.86 \times 10^{-6}$  mol/min

TMGaの流量：1.3 ccm

H<sub>2</sub> (MO) 流量：500 ccm

H<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) 流量：1250 ccm

NH<sub>3</sub> の供給量：1.12 ~ 4.46 × 10<sup>-2</sup> mol/min

NH<sub>3</sub> の流量：250 ccm

V/III 比：4000 ~ 15000

基板温度：600

(高温エピタキシャル成長層)

厚さ：1.2 μm

TMGaの供給量： $2.86 \times 10^{-6}$  mol/min

TMGaの流量：1.3 ccm

H<sub>2</sub> (MO) 流量：500 ccm

H<sub>2</sub> (NH<sub>3</sub>) 流量：750 ccm

NH<sub>3</sub> の供給量： $3.35 \times 10^{-2}$  mol/min

NH<sub>3</sub> の流量：750 ccm

V/III 比：12000

基板温度：1040

成長時間：60分

【0029】上述した条件で作成したサンプルについてX線回折法により回折パターンを観測した。この回折パターンを図3に示す。図3から明かなように、サファイアのc面及び白金の(111)面に対応した回折ピークに加えて、c軸方向に成長した窒化ガリウムのピークだ

けが観測された。また、銅から発生する 2 個の X 線 ( C u ( 銅 ) K<sub>1</sub> 及び K<sub>2</sub> ) に対する回折ピークの分離が GaN ( 0 0 0 4 ) 面からの回折について見られた。この X 線回折の実験結果から、サファイア基板上にエピタキシャル成長した白金層及び窒化ガリウム層が形成されているのが確認された。

【 0 0 3 0 】さらに、上記サンプルについて電子線回折パターンの測定を行った。撮影した電子線回折像の写真を忠実に図面とし再現したものを図 4 に示す。( 1 1 - 2 0 ) 入射電子線に対してストリーク状の回折パターンが明瞭に観測された。この電子線回折の結果からも白金層上に窒化ガリウム層の単結晶膜が形成されていることが確認された。

【 0 0 3 1 】次に、本発明により作成した金属 - 半導体層構造を有する窒化ガリウムをベース材料とする半導体レーザについて説明にする。絶縁性基板としてサファイア基板 2 0 を用いる。このサファイア基板 2 0 の c 面上に第 1 の電極を構成する白金層 2 1 を形成する。この白金層 2 1 はエピタキシャル成長により形成し、その厚さは 5 0 0 ~ 2 0 0 0 とする。白金層 2 1 上に、有機金属気相エピタキシャル成長法により半導体レーザを構成する層構造体を順次積層形成する。初めに、トリメチルガリウムを原料ガスとして GaN のバッファ層 2 2 を成長形成する。このバッファ層 2 2 の厚さは、例えば 1 0 0 ~ 5 0 0 とすることができる。バッファ層 2 2 上に p 形のクラッド層となる p - GaN 層 2 3 をエピタキシャル成長させる。この p - GaN 層 2 3 は Mg をドープメントとし、その不純物濃度は  $2 \times 10^{20}$  原子 / cm とする。また、その厚さは 0 . 2 ~ 0 . 5  $\mu$ m とする。この p - GaN 層 2 3 上に p 形の組成変調層 2 4 を形成する。本例では、組成変調層 2 4 は、p - Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N : Mg、p - GaN : Mg、及び p - Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>N : Mg の 3 層で構成する。この p 形の組成変調層 2 4 上に活性層 2 5 を形成する。この活性層 2 5 は、例えば InGa<sub>0.95</sub>N の多重量子井戸構造で構成することができる。

【 0 0 3 2 】活性層 2 5 上に n 形の組成変調層 2 6 を形成する。この n 形の組成変調層 2 6 は Si をドープメントとし、n - In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N : Si、n - Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N : Si、n - GaN : Si の 3 層で構成する。次に、n 形の組成変調層 2 6 上に n 形の GaN 層 2 7 を形成する。この GaN 層 2 7 は、その厚さは 0 . 2 ~ 0 . 5  $\mu$ m とし、不純物濃度は例えば  $2 \times 10^{19}$  原子 / cm<sup>2</sup> とする。さらに、n 形の GaN 層 2 7 上に p - 電極を構成する第 2 の電極 2 8 を形成する。この第 2 の電極 2 8 は、Ni 層と Au 層とで構成することができる。

【 0 0 3 3 】図 6 は本発明による金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法により製造される面発光形のレーザの構成を示す線図的断面図である。面発光形のレーザは既に実用化されているため、本発明と関連する部分に

ついて説明することにする。サファイア基板 3 0 上に白金層 3 1 を形成する。この白金層 3 1 は電極として及び反射鏡として機能する。この白金層 3 1 上に p 形 GaN の第 1 のクラッド層 3 2 をエピタキシャル成長法により形成する。この第 1 のクラッド層 3 2 上に活性領域 3 3 を形成する。この活性領域 3 3 上に n 形の GaN の第 2 のクラッド層 3 4 を形成する。この第 2 のクラッド層の活性層と対応する部分に第 2 の反射鏡 3 5 を形成し、この第 2 の反射鏡のまわりに Ni 層と Au 層とから構成される第 2 の電極を形成する。この面発光レーザ素子においても、基板上に形成した白金層上に直接半導体層を形成できるので、この白金層を電極及び反射鏡の両方として機能させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の GaN をベース材料とする半導体レーザの構成を示す線図的断面図である。

【図 2】本発明による金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法を説明するための金属 - 半導体層構造を示す線図的断面図である。

【図 3】本発明による方法により作成したサンプルの X 線回折パターンを示すグラフである。

【図 4】本発明による方法により作成したサンプルの電子線回折パターンを示すグラフである。

【図 5】本発明による方法を用いて作成した半導体レーザの一例の構成を示す線図的断面図である。

【図 6】本発明による方法を用いて作成した面発光レーザ素子の一例の構成を示す線図的断面図である。

【符号の説明】

- 1 0 基板
- 1 1 白金層
- 1 2 窒化ガリウム層
- 1 2 a バッファ層
- 2 0 サファイア基板
- 2 1 白金層
- 2 2 バッファ層
- 2 3 第 1 のクラッド層
- 2 4 第 1 の組成変調層
- 2 5 活性層
- 2 6 第 2 の組成変調層
- 2 7 第 2 のクラッド層
- 2 8 第 2 の電極

【要約】

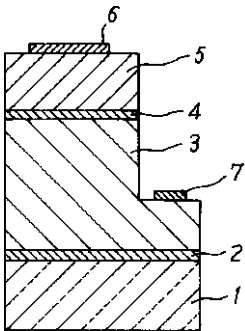
【課題】 絶縁性基板上に形成した金属層上に単結晶構造の半導体層を直接形成できる金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法を提供する。

【解決手段】 本発明による金属層上に単結晶の半導体層を形成する方法においては、層形成されるべき表面を有する絶縁性基板上に金属層を形成し、この金属層 ( 1 1 ) 上に単結晶構造の半導体層を形成するに当たり、単結晶の結晶構造を有する絶縁性基板 ( 1 0 ) 上に、エピ

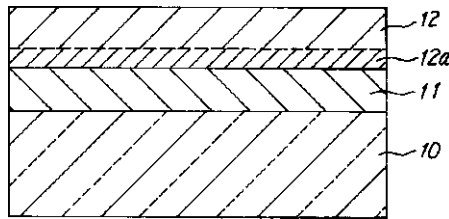
タキシャル成長した金属層 ( 1 1 ) を形成し、この金属層上に、エピタキシャル成長法により単結晶の結晶構造

を有する半導体層 ( 1 2 ) を形成することを特徴とする。

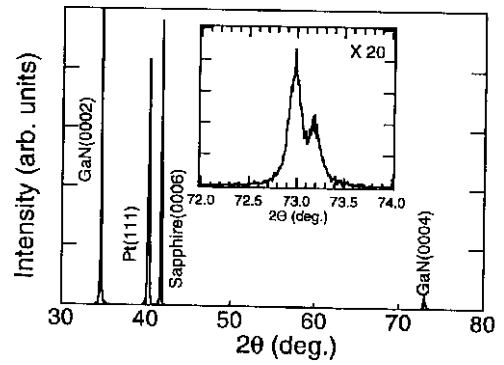
【 図 1 】



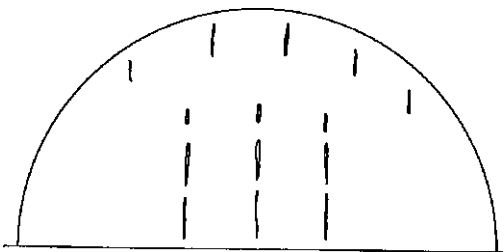
【 図 2 】



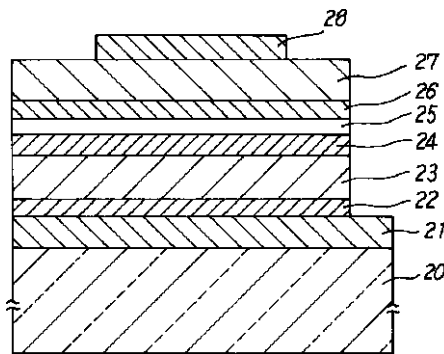
【 図 3 】



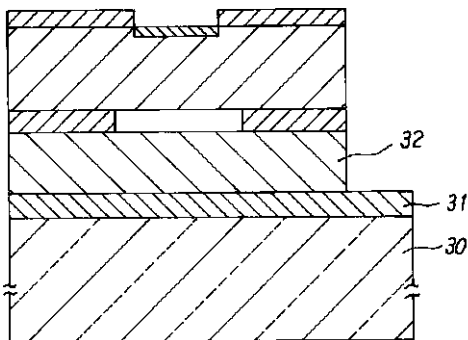
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭56 - 125298 ( J P , A )  
 応用物理学会関係連合講演会講演予稿  
 集 , V o l . 4 5 t h , N o . 1 , P A G  
 E . 299 , 1998

(58) 調査した分野 ( Int . Cl . <sup>6</sup> , D B 名 )  
 H01L 33/00  
 H01L 21/203